

Über Erfolge der Nerven­nähte an peripheren Nerven

von

Jürgen Mockwiß

aus Bernburg

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. G. H e g e m a n n

Über Erfolge der Nervennähte
an peripheren Nerven.

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen - Nürnberg

Vorgelegt von
Jürgen M o c k w i t z
aus Bernburg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen - Nürnberg.



Dekan: Professor Dr.med. W.-D. Keidel
Referent: Professor Dr.med. G. Hegemann
Tag der mündlichen Prüfung: 25.2.1965

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548828_0040

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	
1. Problemstellung	4
2. Historischer Überblick	5
3. Theoretische Erörterungen	
a. Histologische Anatomie des normalen Nerves	8
b. Ionentheorie der Nervenleitung	9
c. Degeneration - Regeneration	12
d. Einteilung der Nervenverletzungen und Vorgänge bei der Regeneration	14
e. Praxis der Nervennaht	18
II. Frühere Untersuchungen	
1. durchgeführte Nervennahte. Erfolge, Mißerfolge und deren Begründung	21
2. Einteilung der Mißerfolge	41
3. Zeitspanne Nervennaht - Funktionswiederherstellung . .	42
4. Erörterung der Möglichkeit einer sofortigen Nerven- leitungswiederherstellung nach Nervennaht	46
5. Erfolgsvergleich der einzelnen peripheren Nerven untereinander	50
6. Versuche an Tieren	53
7. Zusammenfassung der Ergebnisse	55
III. Eigene Untersuchungen	
1. Methodik	60
2. Schilderung der Fälle	
a. Primärnahte	63
b. Sekundärnahte	70
c. Epineuralnaht nach nicht völliger Nervendurchtrennung	74
d. Nicht durch Nervennaht versorgte Nerven- verletzungen	75
3. Auswertung	77
IV. Zusammenfassung	84
V. Schrifttum	86

I. Einleitung

1. Problemstellung

Aufgabe dieser Untersuchung soll es sein, anhand der Literatur und von Untersuchungen am Krankengut der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen einen Überblick über die z. Zt. bestehenden Möglichkeiten und Theorien für eine erfolgversprechende Nervennaht zu geben und festzustellen, unter welchen Bedingungen bezüglich Technik, Vor- und Nachbehandlung, Verletzungsart, Alter der Verletzung und des Patienten usw. man überhaupt eine Funktionswiederherstellung des Nerves in seiner motorischen und sensorischen Aufgabe erwarten darf.

2. Historischer Überblick

Das Wissen um das Vorhandensein peripherer Nerven in ihrem anatomischen Verlauf mit ihrer physiologischen Bedeutung in exakter Weise ist gar nicht so alt, wie man zunächst glaubt. Die Bezeichnung "Nervus" in der heutigen Bedeutung war bis ins 19. Jahrhundert hinein sehr unklar und verworren. Allerdings versuchte GALEN s. Zt. die von den alten Griechen herrührende Bezeichnung "neura" für Nerven, Sehnen und Bänder auszumerzen, indem er die Namen "Nervus", "Chorda" und "Ligamentum" schuf und ihre genauen Unterschiede beschrieb. Bei vielen Autoren bestand aber danach immer noch Unklarheit über diese Begriffe, und viele Chirurgen schenkten den peripheren Nerven sogar keinerlei Beachtung, wie beispielsweise sehr zahlreiche Nervenverletzungen bei einfachen Aderlässen zeigten. HIPPOKRATES dagegen schreibt relativ viel über Nervenverletzungen als Begleiterscheinung bei Luxationen, Kompressionen usw. mit deren Folgen. So wußte er schon den auch heute noch volkstümlichen sog. "Stoß an den Musikantenknochen" als kurze Lähmung (Benommenheit) des N. ulnaris zu deuten und wußte auch über die Empfindlichkeit der Nerven gegen Hitze. In diese Zeit fällt auch die Deutung von Tetanus und Krämpfen als Folge von Nervenspannungen.

Die Begründer der Alexandrinischen Schule, HEROPHILOS und ERASISTRATOS unterschieden dann schon zwischen Bewegungs- und Empfindungsnerve. Kurz darauf beschrieb man erstmalig den Unterschied zwischen Gehirn- und Rückenmarkslähmungen und entdeckte die Nervenkreuzung im Gehirn.

GALEN setzte die Studien dieser Gelehrten fort. Ihm ist die Erkennung der Muskel-Innervation zu verdanken. Auch verlangte er genaue Kenntnis der Anatomie, um die so häufigen Nervendurchtrennungen aus Unkenntnis ihres Verlaufes bei Operationen zu vermeiden. (So führt er z.B. schon eine Recurrenslähmung bei einer Drüsen-Extirpation an.)

Der Wunsch, operativ oder als Unfallfolge durchtrennte Nerven aneinanderzuheften, wurde erstmalig von PAUL VON AEGINA geäußert, geht also bis in das 7. Jahrhundert zurück. Um die Retraktion eines durchschnittenen Nerven zu verhindern, erwägt auch geraume Zeit später (10. Jh.) RHAZES aus Persien eine Nervennaht, befürchtet jedoch durch das Einstechen das Auslösen eines Spasmus. Sein Zeitgenosse AVICENNA VON AFSCHENA setzt sich über diese Bedenken hinweg, bewerkstelligte die Nervennaht aber nur durch Aneinandernähen des umliegenden Gewebes, also nicht des Nerves selbst. Einen Bericht über die "Nahttechnik der Alten" und die Therapie findet man erstmalig aus dem Jahre 1296 in der "Chirurgia Magna", die bis ins 16. Jh. das führende chirurgische Werk darstellte. Den hervorragenden Zeichnungen und Modellen LEONARDO DA VINCI (16. Jh.) ist dann erstmalig eine gute Vorstellung über den anatomischen Verlauf von Muskeln, Sehnen und Nerven zu verdanken. Mit seinen Studien findet er das Rückenmark als Quelle der die Muskeln innervierenden Nerven mit ihren unterschiedlichen Dicken und das Gehirn als Ort der Impulssendung. Diese Arbeiten wirkten u. a. auch auf VESALIUS "Fabrica" äußerst fruchtbar. Er demonstrierte die Wirkung einer Nervenligatur und zeigte, daß bei geringerem Abschnüren mit anschließender Lockerung die Nervenfunktion wiederkehren kann.

AMBROISE PARÉ (ebenfalls Ende des 16. Jh.) diagnostizierte auf Grund seiner Erfahrungen schon Nervenverletzungen, gab Therapien und deren Erfolge an, blieb aber aus Furcht vor Tetanus möglichst bei konservativen Methoden. (z.B. Wegätzung von Neuomen.) GABRIELE FERRARA (2. Hälfte des 16. Jh.) beschreibt dann eine Art der Nervenvereinigung, die in der Literatur als erste und "richtige Nervennaht" bezeichnet wird. Er setzte offenbar Nähte in den Nerven selbst, ohne sich vor einem Spasmus zu fürchten.

Trotz dieser großartigen Erfolge konnte sich jedoch die Nervennaht jahrhundertlang noch nicht durchsetzen; es gab immer noch Chirurgen, die eine Vereinigung durchtrennter Nerven für unmöglich hielten. Zum Glück gab es aber auch noch Gelehrte und Ärzte, die diese Studien fortsetzten. 1795 wurde die inzwi-

schen beinahe in Vergessenheit geratene Nervennaht wieder zum Leben erweckt, indem man die Regenerationsfähigkeit verletzter Nerven anhand experimentell ausgeführter Nähte, deren Erfolg durch Nachkontrolle belegt wurde, bewies. Um diese Zeit folgen eine ganze Reihe versuchter Nervennähte, wobei sich die direkte Naht (durch das Zentrum des Nervenquerschnittes) als Einzelknopfnah mit Silberdraht, Seide oder Zwirn immer mehr durchsetzte. Durch Tierexperimente erhielt die direkte Nervennaht aber ihren eigentlichen Aufschwung. Auch HUETER (1871) hatte durch sein Verfahren, Naht des Epineuriums durch mehrere feine Knopfnähte, die besten Erfolgsaussichten namentlich dann, wenn der Nervenquerschnitt viele Fasern aufwies und die Schnittenden nicht zu weit voneinander entfernt waren.

Dem folgen nun viele Publikationen über mehr oder weniger geglückte Nähte mit einigen Verbesserungsvorschlägen. Die teilweise gemeldeten Früherfolge (Funktionswiederherstellung des Gliedes spätestens nach Wundheilung der Haut) wurden allerdings sehr scharf angegriffen. Die meisten Autoren hielten eine Wiederherstellung der Nervenfunktion erst frühestens nach Monaten, wenn nicht gar Jahren, für möglich. So wurden die Früherfolge mit Innervationsanomalien oder Überlappen angrenzender Nerven in das verletzte Versorgungsgebiet erklärt oder gänzlich als Trick abgetan. Daß sich die Nervennaht dann nur sehr langsam durchsetzte, ist z. T. auch durch die harten Angriffe seitens berühmter Wissenschaftler (z.B. VIRCHOW), mangelnder theoretischer Kenntnisse und nicht zuletzt der fehlenden Narkotika vor Mitte des 19. Jh. zu erklären.

In den letzten Kriegen wurde ihr aber eine viel größere Aufmerksamkeit geschenkt. Über 50 % aller Nervenverletzungen konnte sogar konservativ geheilt werden. Diese Erfolge haben allerdings den Nachteil, bei eventueller Nachahmung u.U. den günstigsten Zeitpunkt eines operativen Eingreifens zu verpassen (SEDDON 1949). Alle später versuchten Methoden, Nervendurchtrennungen mit allem möglichen Material zu überbrücken, wurden immer mehr zugunsten des eigentlichen Nerventransplantates wieder verlassen. Autoren wie SEDDON ist es eigentlich nur zu verdanken, daß die klinischen Versuche wegen ihrer teils sehr entmutigenden Resultate nicht aufgegeben wurden.

3. Theoretische Erörterungen

a. Histologische Anatomie des normalen Nerves

Im Rahmen dieser Arbeit soll nur auf die zum Verständnis unbedingt notwendigen anatomischen Beschaffenheiten und Voraussetzungen eingegangen werden.

Der eigentliche "Nerv" geht aus von einer Nervenzelle. Sein Hauptbestandteil ist der Neurit (bezw. Axon), der ebenso wie die Nervenzelle aus Neuroplasma und Neurofibrillen aufgebaut ist. Er umgibt sich nach seinem Abgang aus der Nervenzelle mit einer Mark- oder Myelinscheide, bestehend aus einer kontinuierlichen Schicht stark lichtbrechender Eiweiß-Lipoide und Phosphatide, wobei letzteren eine große Bedeutung für die Erhöhung der Leitungsfähigkeit zugesprochen wird. Diese Myelinscheide umgibt sich nach außen, wie wohl ebenso wahrscheinlich auch nach innen, mit einer dünneren Eiweißschicht. Die erstere nennt man Schwann'sche Scheide (vielfach auch Neurolemm). In Intervallen von 0,8 bis 1,0 mm fehlen diese Lipoidschichten; die Nervenfasern sieht an diesen Stellen dünner aus. Daher die Bezeichnung "Ranviersche Schnürringe". Diese Stellen gewinnen für die Atmung und Ernährung der Faser und ihre Erregungsleitung an Bedeutung.

In den peripheren Nerven wird die Schwann'sche Scheide noch von einer Endoneuralscheide umgeben, der eigentlich in Analogie zum Sarkolemm der Muskelfaser die Bezeichnung Neurolemm zukommen müßte (VOSS 1959).

Jede Nervenfasern ist von solch einer eigenen Hülle umgeben, die nach Degeneration des Axons und der Markscheide als Leitbahn für die sich regenerierende Faser dient. Nervenfasernbündel sind vom Perineurium, der Nervenstamm (Gesamtheit der Bündel) vom Epineurium zusammengeschlossen.

b. Ionentheorie der Nervenleitung

Führt man in das Innere der Nervenfasern eine feine Elektrode, die über ein Strommeßgerät mit einer auf der Oberfläche des Nerven liegenden Elektrode verbunden ist, so stellt man fest, daß ein - wenn auch schwacher - Strom fließt, der sogenannte Ruhestrom (REIN/SCHNEIDER 1955). Gemessen wird eine Potentialdifferenz, die in Ruhe zwischen 70 und 80 mV (LULLIES 1959) beträgt, und zwar ist der Achsenzylinder negativ gegenüber der Umgebung. LULLIES spricht auch von einem Ruhemembranpotential, das für alle erregbaren Gebilde in Bezug auf die fortgeleitete Erregung von entscheidender Bedeutung ist. Die dabei erfolgende Veränderung und Ladungsumkehr wird auf die Permeabilitätsänderung der Membran für die verschiedenen Ionen zurückgeführt.

Im Inneren der Nervenfasern sind in Ruhe überwiegend K^+ , außen hauptsächlich Na^+ und Cl^- (letztere können bei den Betrachtungen außer Acht gelassen werden, da durch sie die quantitativen Vorgänge nur unwesentlich beeinflußt werden). Die Membran soll in erster Linie aus Ca^{++} bestehen, die zwar wenig K^+ hinaus, aber so gut wie keine Na^+ hineinlassen. (Durch die erhöhte K^+ -Durchlässigkeit kommt die äußere positive Ladung gegenüber dem Faserninneren zustande.) Man könnte also ebensogut von einem Diffusionspotential (LULLIES 1959) sprechen. Nach einer Erregung, die zu einer Durchlässigkeitsänderung der Membran für die einzelnen Ionen führt, werden selbige wieder durch einen energieverbrauchenden Prozeß (chemischer Stoffwechselvorgang, sog. "Na-Pumpe") zurückgeführt, und man spricht dann von einem Reaktionspotential (LULLIES 1959).

Was geschieht nun bei einer Erregung und wie wird sie über den Nerv fortgeleitet? In Ruhe sind im Inneren der Nervenfasern also vorwiegend K^+ , außen Na^+ . An der Membran sind die Ca^{++} gelagert, die infolge ihrer Ladung theoretisch sowohl ein Auswandern der K^+ als auch ein Einwandern der Na^+ verhindern. Trotzdem findet aber auch in Ruhe ein geringes Auswandern der K^+ statt, das man eher mechanisch erklären müßte. (Dadurch ist also das Innere negativ gegenüber dem Äußeren.) Im Falle einer Erregung geht

diese von der Kathode aus (Pflüger'sches Zuckungsgesetz), wobei bei elektrischer Reizung des Nerves der angelegte Strom eine gewisse Mindestdauer fließen und in einer gewissen Mindestzeit eine bestimmte Höhe erreicht haben muß. (Alles- oder Nichts-Gesetz.)

Die Ca^{++} werden somit neutralisiert und erhöhen die Membranpermeabilität schlagartig. Für die Na^+ z. B. nimmt sie bis auf das ca. Fünfhundertfache zu. Die Na^+ gelangen in das Innere der Nervenfasern. Durch deren Überwiegen an der Erregungsstelle kommt es jetzt dort zur Ladungsumkehr. Das Innere ist nun gegenüber dem Äußeren positiv, gegenüber der ruhenden Faser verhält sich die Stelle aber e l e k t r i s c h negativ (LULLIES 1959).

Diese Erkenntnisse sind die Grundlage der Theorie der Nervenleitung ("Strömchen-Theorie" nach HERMANN 1872). Zu dieser erregten elektrisch negativ gewordenen Stelle fließen von der positiven Umgebung her Ströme, die zur Erregung der benachbarten Nervenstellen führen, und zwar nach beiden Richtungen hin. Da aber die Synapsen die Erregung nur in einer Richtung zu übertragen vermögen, wird unter physiologischen Bedingungen immer nur eine Fortpflanzungsrichtung benutzt (REIN/SCHNEIDER 1955). Experimentell stellte man dann fest, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in erster Linie vom Faserdurchmesser abhängig ist. Daß es daran allein nicht liegen konnte, besagt aber schon die Tatsache, daß unser N.femoralis die Stärke eines kräftigen Schiffstaues annehmen müßte, um bei gleicher Faserzahl die festgestellte Leitungsgeschwindigkeit zu erreichen. So kam man auf das Bestehen der Markscheiden, die schlechte Leiter für die Erregung sind. Nur an den Ranvier'schen Schnürringen ist die Axonmembran "nackt", die Markscheide an diesen Stellen unterbrochen. Man stellte fest, daß die Impulsfortpflanzung gegenüber der marklosen Faser saltatorisch (diskontinuierlich) erfolgt, indem der Membranstrom von einem zum anderen Ranvierknoten "springt". Bei der Erregung führt das Negativwerden des einen Ranvierknotens zum Entstehen eines einwärts gerichteten Stromes, der infolge der isolierenden Markscheide erst in dem benachbarten Ranvierknoten die Möglichkeit hat, aus dem Axon herauszutreten, die dortige Membranstelle zu depolarisieren und so zur Entstehung eines neuen Spitzenpotentials zu führen (LULLIES 1959). Dies

wiederum führt zu einem entsprechenden Strom, der den nächsten Knoten erregt und so fort. Wenn man bedenkt, daß die Strecke zwischen zwei Ranvier'schen Knoten ca. 1 bis 3 mm beträgt, kann man sich wohl gut vorstellen, daß durch das "Überspringen" die Erregung wesentlich schneller - wenn auch keineswegs "unendlich schnell" (Berücksichtigung der sog. "Verlustströmen") - erfolgt, als in marklosen Nervenfasern. Die Fortleitung des Nervenimpulses ist durch die Tatsache, daß das Aktionspotential des Ranvier-Knotens so kräftig ist, um außer dem benachbarten noch den zweiten, dritten und sogar noch entfernteren Knoten zu erregen, gewährleistet. Dies kann bei Ausfällen einzelner Knoten- so auch mit Narkotika und Giften bewiesen - von großer Bedeutung werden. So wird auch eine durch lokale Abkühlung unerregbar gewordene Nervenstrecke von mehreren Millimetern glatt und mühelos durchlaufen.

Die Frage, ob sich benachbarte Fasern, noch dazu ja oft Ranvier-Knoten einzelner Fasern dicht nebeneinander liegen, nicht gegenseitig beeinflussen können, kann durchaus bejaht werden (REIN/SCHNEIDER 1955). Man spricht dann dabei von einer "Künstlichen Synapse" wegen der Ähnlichkeit des Vorganges an den natürlichen Synapsen des Nervensystems und den motorischen Endplatten. Unter hauptsächlich wohl pathologischen Verhältnissen kann es somit durch die gegenseitige Beeinflussung der Aktionspotentiale der Fasern eines zusammengesetzten Nerves zur Miterregung benachbarter Fasern kommen. (Auch das Überspringen einer Erregung von einer motorischen auf eine Schmerzfasern nach Nervenverletzungen soll beobachtet worden sein.)

Theoretisch wäre es also gut möglich, daß nach Ausfall einiger Ranvier-Knoten infolge Verletzung die Erregung diese überspringt und die nächsten Knoten erregt, wenn die Ausfallstrecke nicht zu groß ist. Andererseits widerspricht dem der histologische Befund, nach dem ja bei Verletzungen Veränderungen sowohl im Axon als auch in der Myelinscheide (Neurotmesis, s.d.) zu beobachten sind, die das Einwärtswandern des Stromes bis zum Ort des Austretens an dem nächsten Knoten verhindern würden.

c. Degeneration - Regeneration

Die sog. Waller'sche Degeneration besteht aus regressiven und progressiven Veränderungen im proximalen und distalen Nervenstumpf (NIGST 1955). Im distalen Stumpf bestehen die wichtigsten regressiven Erscheinungen in dem Abbau des Achsenzylinders und der phosphatidhaltigen Myelinscheide. Die Abbauprodukte werden unter Bildung sog. Ovoide (Verdauungskammern) resorbiert. Die progressiven Erscheinungen bestehen im Auftreten von Makrophagen zum Wegräumen der Abbauprodukte und Umwandlung (Proliferation) der Schwann'schen Scheide in solide Büngner'sche Stränge. (Die ähnlichen degenerativen Veränderungen im proximalen Stumpf bleiben zum größten Teil auf die Umgebung der Wundsetzung beschränkt.) Im distalen Stumpf sind die regressiven Veränderungen nach einigen Tagen fast abgeschlossen. Die Neurolemmhüllen werden von den lytischen Vorgängen nicht beeinflusst, sie dehnen sich infolge der Makrophagenbildung und Ansammlung von Abbauprodukten in ihrem Lumen aus. Diese Turgor-Zunahme führt zu einer Schwellung des Nerves, komprimiert die endoneuralen Spatien und kann zu einer Behinderung der Blutversorgung und gesteigerter Kollagenbildung führen (NIGST 1955).

Die Schwann'schen Zellen reagieren nun auf die Durchtrennung des Axons. Sie verdauen auch Teile des Hülleninhaltes in der ersten Phase der Degeneration mit; hauptsächlich wird diese Arbeit jedoch von den Makrophagen verrichtet, die in der Regel nach Aufnahme der Débris den hypertrophierten Zellen Platz machen. (Unter mancherlei Bedingungen tun sie dies allerdings nicht und verhindern somit das Einwachsen der sich regenerierenden Nervenfasern.) Nach ca. einer Woche vermehren sich die Schwann'schen Zellen mitotisch und füllen somit das Lumen der Hüllen bis auf die Stellen aus, die von den Ovoiden und Makrophagen eingenommen werden (NIGST 1955). Sie dringen auch zwischen die Hüllen und aus ihnen heraus in das umgebende Gewebe und nehmen dadurch an der Bildung der sog. Gliome oder Schwannome der peripheren Nervenstümpfe teil. Dieser nun derartig umgewandelte periphere Stumpf dient jetzt zur Aufnahme des aus dem proximalen Stumpf herauswachsenden Axons. Er soll bessere Wachstumsbedingungen für sich regenerierende Nerven bilden als irgendein Gewebe.

Die Hauptrolle bei der Regeneration spielt also das Auswachsen der Achsenzyylinder. Dieses Wachstum soll primär ein physikalischer Vorgang (Druck-Zug-Mechanismus), erst sekundär ein wirkliches Wachstum sein. Verschiedene Theorien, wie z. B. Kontaktführung, geringster Widerstand, Neotropismus, Galvanotropismus, versuchten die Wachstumsrichtung zu erklären, wobei aber NIGST (1955) der ersteren die größte Bedeutung zuzumessen scheint. (Die Theorie von Cajal (1928), wonach der distale Nervenstumpf ein chemisches neurotrophes Agens besitze, das die sich regenerierenden Nervenzyylinder anzieht, ist heute endgültig widerlegt.) Nur das proximale Ende des durchtrennten Nerves hat das ganze "physiologische Potential zur Regeneration und damit zur Wiederherstellung der Funktion der versorgten Organe" (NIGST 1955).

Die Spitze der Achsenzyylinder wird durch die Struktur des umgebenden Gewebes gelenkt, wobei es bei parallelen Bahnen (wie z. B. die Büngner'schen Stränge) zu geordnetem, bei Narbengewebe zu ungeordnetem Wachstum kommt. Nach dem Vorwachsen des Axons wird die Nervenfaser durch Anreihung der Hüllzellen, Myelinbildung, Schnürringbildung, Durchmesserzunahme (Beziehung zwischen Faserdurchmesser und Leitungsgeschwindigkeit!) und die funktionellen Anpassungen wieder reif und funktionstüchtig. Je mehr die Regeneration nun von der Norm abweicht - eine beschränkte "Wiedererziehung" falscher Faserverbindungen soll experimentell und klinisch immer wieder beobachtet worden sein - um so ungeordneter wird die Funktionswiederherstellung nach Erholung. (Bezüglich Regenerationsvorgängen bei den einzelnen Arten der Nervenverletzungen wird auf Punkt 3 d. verwiesen.)

d. Einteilung der Nervenverletzungen und Vorgänge bei der Regeneration

Nach SEDDON (1943) werden drei Gruppen von Nervenverletzungen pathologisch-anatomisch, klinisch und prognostisch unterschieden: Neurapraxie, Axonotmesis und Neurotmesis.

Unter der ersteren versteht man eine gutartige Nervenläsion mit kurzen klinischen Folgen, wobei es sich um eine lokalisierte Fragmentation des Myelins handelt. Klinisch besteht eine motorische Lähmung mit keiner oder nur teilweiser Störung der Sensibilität. Wiederherstellung erfolgt spontan nach Tagen bis Wochen.

Bei der *Axonotmesis* bleiben die bindegewebigen Strukturen erhalten, nur die Axone werden in ihrer Kontinuität unterbrochen. Es besteht eine völlige Lähmung der Motorik, Sensibilität und sympathischen Funktionen. Durch die Wallersche Degeneration kommt es zur Entartungsreaktion. Bei längerer Dauer der Denervation wird die Muskulatur atrophisch, und es treten irreversible fibröse Veränderungen auf. Voraussetzung für eine Regeneration ist die Erhaltung der bindegewebigen Hüllen, so daß die Axone ungehindert zur Peripherie vorwachsen können. Ein chirurgischer Eingriff ist hier unnötig. Die Wiederherstellungsgeschwindigkeit der Nervenleitung beträgt in der Regel 1 bis 2 mm pro Tag.

Es ist noch unklar, wie hierbei der Druck auf den Nerv zu einer Unterbrechung der Leitung führt. Bis jetzt erscheint nur die Verdrängung des Axoplasmas als gesichert (NIGST 1955). Wahrscheinlich kommt es durch die Kompression zum Ausfall (Koagulation) des Plasma-Eiweißes und zur Bildung aenaturierter Proteine an dieser Stelle. Diese beiden Faktoren würden eine Art Blockade für das Vorwachsen des proximalen Stumpfes darstellen, so daß eine sofortige Leitungswiederherstellung nicht erwartet werden kann. Erst die Wallersche Degeneration ist die Voraussetzung

für eine Regeneration: Von der 40. Stunde nach der Nervenläsion an treten Faserunterbrechungen auf, die Myelinschicht wird aufgerissen und schwillt hauptsächlich durch das Auftreten von Ovoiden an (NIGST 1955). In diesen werden die Axone offenbar autolysiert und weggeräumt; das Myelin wird vollständig - sicherlich durch Enzyme und Makrophagen - ab- und die Phosphatide zu Neutralfetten umgebaut. Wo letztere hingelangen, ist noch unklar. Lediglich die Schwann'schen Zellen und Neurilemmascheiden bleiben bestehen und nehmen an Zahl zu. Vom vierten Tag an teilen sich die Kerne der ersteren mitotisch und die Zellen vermehren sich bis auf das Dreizehnfache - wobei die Teilungen im peripheren Stumpf bis zum 25. Tag anhalten - bis zur Ausbildung der sog. Bünchner'schen Stränge. Während dieser ganzen Vorgänge bleiben die bindegewebigen Hüllen intakt, bei fehlender Innervation kommt es nur zur Wandverdickung infolge Ansteigens des Kollagengehaltes bis auf das Doppelte (in ca. 100 Tagen). Durch den somit entstandenen Engpaß können nun die zentralen Axonstümpfe langsam einwachsen. Als Folge der Kompression innerhalb der Faser kommt es vorerst aber noch zu einer Anschwellung des zentralen Axonstumpfes. Von diesem Zeitpunkt an spricht man von einer "retrograden Degeneration" (CAJAL 1928). Das zunächst aus einer zentralen Faser bestehende vordringende Axoplasma teilt sich bis zum Entstehen zahlloser getrennter Fasern, so daß dann jede periphere Hülle eine große Anzahl distalwärts wachsender feiner Fasern enthält. Ein großer Teil dieser Fasern geht zugrunde, so daß kurze Zeit nach der gesetzten Läsion der periphere Stumpf die normale Anzahl Fasern in normaler Verteilung enthält. Die feine Faser, die das Endorgan erreicht hat, wächst unter dessen Einfluß schneller als die anderen und kann sogar zu deren Verschwinden führen (NIGST 1955). Experimentell wurde diese Tatsache am Nerv zum lateralen Gastrocnemius des Kaninchens untermauert.

Nach einer Axonotmesis kann es infolge Regeneration also zu einer vollkommenen funktionellen Wiederherstellung kommen.

Wenn die Kontinuität derart unterbrochen ist, daß eine spontane Regeneration unmöglich wird, spricht man von einer *Neurotmesis*. Hierbei sind sowohl die Axone als auch die bindegewebigen Hüllen unterbrochen. Die klinischen Erscheinungen sind im Prinzip die gleichen wie bei der Axonotmesis, so daß eine Unterscheidung von dieser im Frühstadium nahezu unmöglich ist. Erst wenn nach Ablauf der zu erwartenden Regenerationszeit eine solche noch nicht eingetreten ist, ist die Diagnose einer Neurotmesis gesichert. Überhaupt ist die Diagnose der Nervenverletzungsarten oft mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, noch dazu wenn es sich um Kombinationsformen dieser drei Arten handelt.

Einzig und allein durch die Vorgänge an der Verletzungsstelle selbst also unterscheidet sich die Neurotmesis von der Axonotmesis. Experimentell wurde beobachtet, wie nach scharfer Durchtrennung eines kleinen Nerves (Abstand beider Stümpfe voneinander 0,5 mm) sich in diesem Zwischenraum ein Blutkoagel bildete, das für den Regenerationsvorgang von größter Bedeutung zu sein schien (NIGST 1955). Vom 3. bis 4. Tag an wird das Fibrin des Koagels nämlich zu Strängen umgebildet, die sich bei geringer Spannung entlang der Achse des Nerves in selbigem orientieren und somit zur Überbrückung der Lücke dienen. Entlang dieser Stränge wachsen dann zum größten Teil vom peripheren Stumpf ausgehende Zellen (vom 3. Tag an bis zur 2. bis 3. Woche auch Schwannsche Zellen, die vom distalen Stumpf aus bis zu 2 cm vorwachsen können). Nervenverbindungen würden demnach also bis zu diesem Zeitpunkt entstehen. Später würde die starke Kollagenisierung sie nahezu unmöglich machen.

Die retrograde Degeneration ist bei der Neurotmesis gering, meist gar nicht vorhanden (NIGST 1955). Eine Anschwellung des zentralen Axonstumpfes ist noch zu beobachten, z. T. auch ein Herausquellen des Axoplasmas aus der Schnittfläche, welches Ausgangspunkt der in den Narbenbereich distalwärts einwachsender Axoplasmastränge sein kann. Bei der Neurotmesis wachsen nun bedeutend weniger Fasern an den neugebildeten Schwannschen Zellen peripherwärts entlang als bei der Axonotmesis. Der Erfolg der Naht wird negativ durch Eindringen von Fibroblasten,

Blutgefäßen und seitliche Spannungen beeinflusst. Die Entfernung der beiden Stümpfe nach einer Nervennaht soll deshalb auch nicht mehr als einige Millimeter betragen, da sonst die Aktivität der Schwannschen Zellen nicht ausreicht, um das Eindringen hauptsächlich der Fibroblasten zu verhindern.

e. Praxis der Nerven-naht

Man unterscheidet heute eine Primärnaht, eine "frühe" Sekundärnaht und die eigentliche Sekundärnaht (Abb. 1). Unter der ersteren versteht man eine Nerven-naht sofort bei der primären Wundversorgung. Bei der frühen Sekundärnaht erfolgt mit der primären Wundversorgung lediglich die Adaption der Nervenenden. Nach erfolgter Wundheilung (ca. 3 bis 4 Wochen) wird erst die eigentliche Nerven-naht vorgenommen. Bei der eigentlichen Sekundärnaht wird die Nerven-naht ca. 4 bis 6 Monate nach der primären Wundversorgung unter Abwarten einer möglichen Spontan-Regeneration durchgeführt.

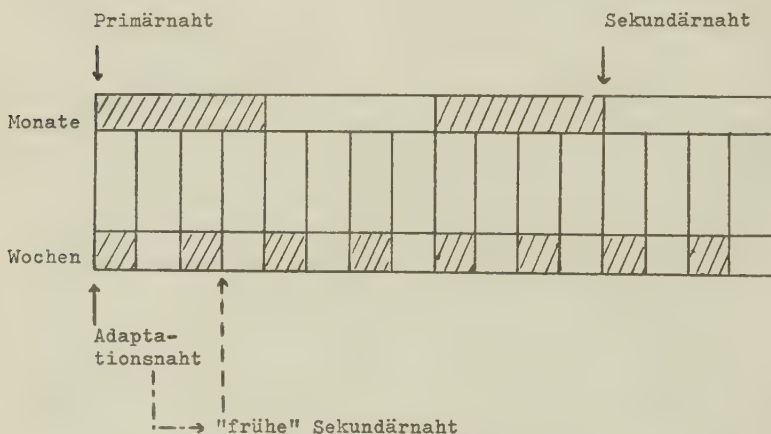


Abb. 1: Bezeichnung der Nerven-nahten in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Naht

In der Mehrzahl der Fälle wird eine Nerven-naht heutzutage in Allgemeinnarkose, die es gestattet, den Schnitt jederzeit ohne Zeitverlust zu erweitern und sogar in Blutleere zu operieren, ausgeführt. Die Hautincision sollte so angelegt sein, daß der Verlauf des Nerves im Prinzip nachgezeichnet wird und eine Verlängerung nach beiden Seiten leicht fällt. NIGST (1955) geht einen in Narbengewebe eingebackenen Nerv von proximal und distal an, während er bei Mobilisierung des Nerves sicherheitshalber von proximal nach distal vorzugehen fordert, um die Nervenab-

zweigungen zu schonen. Bei Unübersichtlichkeit (z.B. infolge Narbenbildung) der Verhältnisse hält er eine elektrische Stimulation zur Aufdeckung der Abzweigungen für angezeigt.

Ist nun nach Freilegung des Nerves eine Resektion und Naht erforderlich, geht man in der Regel folgendermaßen vor (nach NIGST 1955); Als erstes wird proximal und distal von der zu resizierenden Stelle epineural ein Markierungsfaden gelegt, der die Orientierung erleichtert und von größter Wichtigkeit für ein gutes funktionelles Endresultat sein soll. Die Orientierung wird zusätzlich noch durch die durch die Bündel bewirkte Längsstreifung und die den Nerven aufliegenden längslaufenden Gefäße erleichtert, außerdem noch durch die flachovale Struktur des Nerves an Stellen, an denen er im gesunden Bett liegt. Die entsprechenden Bündel müssen dann bei der Naht peinlichst genau gegenübergestellt werden. Die Resektion des Nerves erfolgt mit einer Rasierklinge (gehalten von einer Arterienklemme) zunächst scheibchenweise nach distal und proximal und nicht durch den ganzen Nerv durchgehend solange, bis gesunder Nervenbündelquerschnitt ersichtlich ist (Lupenbrille!). An diesen Stellen erfolgt die vollständige Durchtrennung des Nerves mit einem senkrecht zur Achse verlaufenden glatten Schnitt. Die Strecke des Defektes sollte nach der Resektion gemessen und notiert werden, da sie entscheidend für das weitere Vorgehen ist. (Je nach Größe des Zwischenraumes weitgehende Mobilisierung des Nerves sowohl proximal als distal, Entlastungsstellung der Gelenke, Nervenverlagerung wie z. B. bei vorbestehenden Narben oder evtl. sogar Nerventransplantate.) Die kritische Resektionslänge kann nach SEDDON (1943) mit den eben genannten Maßnahmen die aus Tabelle 1 ersichtlichen Ausmaße betragen, ehe man an ein Transplantat denken muß.

Tabelle 1

Kritische Resektionslänge (in cm) nach SEDDON (1943)

Höhe der Läsion	hoch	mittel	tief
Medianus	7	9	7,5
Ulnaris	10	13	10
Radialis	8	8	7,5
Fibularis	9	9	9
Tibialis	10	11	7

Nach der Resektion erfolgt nun die sog. End-zu-End-Naht. Seitlich wird je ein epineuraler Haltefaden gelegt, der durch Knüpfen die beiden Nervenstümpfe bis zur Berührung einander nähert. Diese Fäden werden lang belassen und, jeweils mit einem sog. "Bulldog-Clip" beschwert, an den Seiten frei heruntergehängt. Danach werden weitere epineurale Nähte an der Nervenvorderfläche gelegt, deren Anzahl sich nach dem Nervenfaserdurchmesser richtet. Auf keinen Fall dürfen Nervenfasern hervorquellen können. Nach dem Nähen der Vorderseite muß die Hinterfläche des Nerves dargestellt werden. Der eine seitliche Haltefaden wird dabei unter dem Nerv durchgezogen und der Clip wieder befestigt, während der andere zusammen mit dem Clip über die Vorderfläche des Nerves hinweg auf die andere Seite gelegt wird. Somit liegt die Hinterfläche frei, und nach ebensolchen epineuralen Nähten wird der Nerv in seine ursprüngliche Lage zurückgedreht. Die Nervennaht als solche ist damit beendet.

Als Nahttechnik hält NIGST (1955) die Einzelknopfnahnt für die gegebene und empfiehlt als Nahtmaterial schwarze Seide 5/0 oder 6/0 (unter Umständen auch Draht) an einer atraumatischen Nadel mit einem dieser Feinheit angepaßten Nadelhalter. Andere Verfahren, wie z. B. die "nahtlose" Naht, sind in ihrer Erfolgsbeurteilung höchst umstritten und sollen hier nicht angeführt werden.

II. Frühere Untersuchungen

1. Durchgeführte Nervennecte. Erfolge, Mißerfolge und deren Begründung

Angespornt durch die Erfolge von SEDDON (1949, 1954) bei Nervennecten wurden diese nun in der Mehrzahl nicht mehr für aussichtslos gehalten. Zahlreiche Autoren veröffentlichten in der Folge ihre Ergebnisse, die sich zum größten Teil auf die in beiden Weltkriegen gewonnenen Erfahrungen stützten und hauptsächlich die oberen Extremitäten betrafen. Auf kaum einem anderen Gebiet wird man, wie eingangs schon angedeutet, allerdings soviel Widersprüche bei den Erfolgsmeldungen und anzuwendenden Methoden finden, wie hier. Die Beurteilung der einzelnen Ergebnisse und der Vergleich untereinander ist zudem noch sehr schwierig, in manchen Fällen sogar unmöglich, da fast jeder Autor eine andere Auffassung über den "Erfolg" einer Nervennecte hat.

DUMAS (1940) forderte deshalb für die Einteilung der Erfolge die Bezeichnungen "keine Besserung", "teilweise Besserung" und "vollkommene Herstellung". Diese drei Grade würden vollkommen genügen. Offensichtlich hat sich diese Einteilung aber nicht durchsetzen können. Die Ergebnisse werden sich also nur in sehr groben Zügen vergleichen oder beurteilen lassen.

FONTAINE (1940) teilt sein Wundmaterial bei frischen Verletzungen in einfache und komplizierte Wunden ein. Bei den ersteren befürwortet er ausnahmslos die Primärnaht unter bestmöglichen Bedingungen (feinstes Instrumentarium, feinste Seide, erfahrener Operateur usw.). Die komplizierten Wunden läßt er offen und näht glatt durchtrennte Nerven sofort, diesmal aber mit Catgut (Resorptionsgranulationen werden hierbei offenbar nicht als störend empfunden). Zerrissene Nerven werden erst sekundär - nach völliger Wundheilung - versorgt. Er ist der Meinung, daß man mit dem Eingriff nie länger als 4 bis 5 Monate warten sollte.

Andere Chirurgen (z.B. HANKE 1938) haben sogar eine spontane Heilung bei einfachen alten Nervenverletzungen beobachtet. FOERSTER(nach HANKE 1938) soll auf diese Weise von 2150 Fällen 60 % vollkommene Wiederherstellungen, 30 % Besserungen und nur 10 % Mißerfolge gezählt haben. Auch hält FONTAINE (1940) die Heterotransplantation - allerdings nur die sog. "lebende" - durchaus für möglich (z.B. die sofortige Direkttransplantation des Hunde-Ischiadicus, die bei LERICHE -1940- immer ohne Störung eingeheilt sei). Obwohl die Regeneration dabei sehr langsam vorgeht, beweist er das Vordringen der Achsenzylinder. Andere Autoren (NIGST 1955, OBERNA, MORITZ 1961) halten dagegen nur ein Autotransplantat für erfolgreich.

HANKE (1938) hatte in 10 Jahren 41 Nervenverletzungen versorgt, wobei er bei offenen Verletzungen mit der primären Wundversorgung eine Primärnaht ausführte. Bei subcutanen stumpfen Verletzungen empfahl auch er abzuwarten, da gar nicht so selten eine spontane Heilung zu erwarten sei. In der Regel wartete er 5 bis 6 Monate (KRAUS 1941: 4 bis 6 Monate) bis zur evtl. Freilegung, GUINSBOURG (1938) dagegen mindestens 1 bis 1 1/2 Jahr. Wie getrennt die Auffassung darüber ist, zeigt, daß STAHL (nach HANKE 1938) schon nach ca. 4 Wochen exploriert. Bei HANKE sind 55 % der Fälle als Heilungen, 42 % als Besserungen und 3 % als Mißerfolge angegeben.

Allerdings sind auch auffallend hohe Erfolgsquoten aufgetaucht, wie 79 % bei FOERSTER, 85,9 % bei DELAGNINIÈRE, 79 % bei PLATT und bei KENNEDY 73 %. Andere dagegen fielen auffallend niedrig aus: Bei HERZOG 12,5 %, bei JALKOWITZ nur 6 % (Angaben nach FONTAINE 1940).

Das Gewicht bei Nervennähten wurde hauptsächlich auf Wiederherstellung der motorischen Funktion gelegt, da sensible Nerven meist spontan - zum größten Teil durch Anastomosen-Bildung benachbarter Nerven - heilen (JÄGER 1941). Wenn es sich nicht gerade um infizierte Wunden handelte, nahm JÄGER die Nervennaht gleich bei der primären Wundversorgung vor (anschließend Ruhig-

stellung für 3 Wochen). Ansonsten wartete er höchstens vier Monate. Im übrigen nähte er periphere Nerven nur dann, wenn die Verhältnisse an der verletzten Extremität so waren, daß eine solche sich überhaupt lohnte; eine Nerven-naht sei allerdings nie zu spät. FALCONE (1940) hatte noch nach mehr als einem Jahr (bis zu 18 Monaten) nach der Verletzung ein günstiges Ergebnis zu verzeichnen, obwohl er - nach Möglichkeit - vorbehaltlos die Fröhnaht befürwortete. SHAFFER, CLEVELAND (1950) und ŠEJNER (1954) hatten sogar noch bei längerem Zeitraum "positive" Ergebnisse. Voraussetzung für einen Erfolg nach so langer Zeit sei allerdings eine dauernde Übungsbehandlung, um Gelenkversteifungen und Muskel-Atrophien zu vermeiden. Sehr großen Wert legte JÄGER (u.a. auch KRAUS 1941) auf eine intensive Nachbehandlung (eine halbe Stunde Heißluft, Massage, passive Bewegung der Gelenke täglich und evtl. orthopädische Maßnahmen, wie Radialis-Schiene usw.), die sich gegebenenfalls auf Jahre erstrecken muß (EHALT -1939- lehnt dies völlig ab). Seine (JÄGERS) Erfolge bei Nerven-nähten liegen um 50 bis 60 %. Andere geben für die Dauer der Heilung Vitamin B₁ (z.B. 1 mg Aneurin täglich), da sich so die Nervenfasern schneller regenerieren sollen (FICHERA 1939). Ein sicheres Urteil abzugeben wird aber stets erst nach Jahren gewagt.

Seine relativ hohe Mißerfolgsquote (über 50 %, beim Ulnaris sogar 80 %) -amerikanische Berichte geben eine völlige Restitution sogar nur in 10 bis 15 % der Fälle an, während 25 bis 40 % völlige Mißerfolge sind - veranlaßte LERICHE (1940), nach den Gründen zu suchen. Als solche sah er an:

1. Die Wunde betrifft nicht den Nerv allein, sondern meist auch Weichteile und Knochen, hauptsächlich bei Kriegsverletzungen. Infektionen treten hinzu. Außerdem geht die Zone der Nervenschädigung weiter, als man mit dem Auge wahrnehmen kann (endoneurale Verdickungen und seitliche Neurome, die bei Spätoperationen wahrgenommen wurden, sprächen dafür). Im übrigen sei es falsch, anzunehmen, daß die Degeneration nur bis zum ersten Ranvierschen Schnürring gehe.
2. Der Nerv ist an sich schlecht ernährt. Bei einer Verletzung kann nun die Gefäßstörung sehr weit gehen. Die lokale Ischämie aber begünstigt die Sklerosierung des Nerven-

webes. Alle womöglich gespannten Nähte verringern zusätzlich noch die schon spärliche Gefäßversorgung. Selbst durch weitgehende Mobilisation können spannungsfreie Nähte aber nur bei Substanzverlusten von 2 bis 3 cm angelegt werden. Auch in Beugestellung der Gelenke leidet die Gefäßversorgung, da auch so der Nerv in Spannung bleibt.

3. Eine gesunde Weichteilumgebung ist für eine gute Nervenfunktion unerlässlich. Aber gerade die Weichteile sind ja bei Verletzungen hochgradig sklerosiert (Künstliche Gleitmittel haben sich als eher schädlich erwiesen).

LERICHE (1940) waren primäre Mißerfolge nur bei besonders günstigen äußeren und Wundverhältnissen beschieden. Er berichtet über eine Nervennaht wenige Stunden nach der Verletzung, bei der noch nach Jahren kein Erfolg zu beobachten war und kommt zu dem Schluß, daß nicht nur Technik und Beschaffenheit der Wunde den Erfolg garantieren könnten, es müsse noch an der Eigenart des Nerves selbst liegen. Wie wäre es z.B. sonst zu erklären, daß gerade der N. radialis bei ihm die besten Resultate (55 %) ergab? (Vielleicht damit, daß dieser weniger sensible Fasern führt? Dem würden allerdings die sehr schlechten Ergebnisse des Ulnaris dem Medianus gegenüber widersprechen.) So erschienen LERICHE die Arteriolen und Anastomosen wichtig, noch wichtiger die lokalen Muskelverhältnisse. Auch glaubt er feststellen zu können, daß die Regeneration im proximalen Teil besser sei als im distalen (ganz im Gegensatz zu heute, NIGST 1955). Eine Ursache dafür vermag er nicht anzugeben, jedoch scheint ihm die Sklerosierung der entfernten Muskeln ein Auswachsen der Neuriten zu verhindern.

Auf Grund dieser Mißerfolge forderte u.a. MAY (1954) für die chirurgische Behandlung offener Sehnen- und Nervenverletzungen, daß die Primärnaht nur bei glatten Schnittwunden durchgeführt werden sollte und nur dann, wenn der Patient innerhalb zwei Stunden - mit einem sachgemäßen Notverband versehen - zur Operation kommt. Andere fordern 8 bis 12 bis 24 Stunden. Im allgemeinen kann man deshalb wohl sagen, daß man sich an eine 6 bis 8-Stundengrenze halten darf (so auch EHALT 1939). GUND (1949), der Kriegs-

verletzungen zum größten Teil 6 bis 8 Monate nach der Verletzung operativ versorgte, hatte ebenfalls nur Erfolge bei spannungsloser Nervennaht. Muskelatrophie machte in jedem der Fälle eine Naht aussichtslos. Auch postoperative Infektionen hatten nach seinen vorherigen Erfahrungen einen ungünstigen Einfluß auf Restitutionsbeginn und -ausmaß. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen hatte er - nach mindestens zweijähriger Beobachtungszeit - eine Erfolgsquote von 70,8 %. Die Ursachen der restlichen Mißerfolge sah er in Verletzungen durch Rauchgeschosse, langdauernde Knocheneiterungen, traumatische Aneurysmen, Spannungen der genähten Nerven, ungenügende Resektion der veränderten Nervenstümpfe, zu hohe (proximale) Naht, Nahtriß (oft zu frühe Mobilisierung?), Narbenbildungen an der Nahtstelle, postoperative Infektionen, schwächende Krankheiten, Kontrakturen, Versteifungen und Reoperationen. Einer postoperativen temporären Sympathikus-Ausschaltung spricht GUND (1949) eine äußerst fördernde Wirkung auf Restitutionsbeginn und -ausmaß zu.

Auch BERTSEN (1942) begründete seine Mißerfolge mit Spannung der Nervennaht und nicht richtigem Aneinanderlegen der Schnittflächen, hauptsächlich aber mit der aufsteigenden Entartung und Schädigung der Vorderhornzellen oder Atrophie derselben nach langem Warten mit der Operation. Er führte von 17 Fällen 12 sekundäre Nervennähte (1 Peroneus, 2 Radialis, 4 Medianus, 5 Ulnaris) durch. Für den günstigsten Operationszeitpunkt hält er die Zeit von 6 Monaten nach der Verletzung (ebenso z.B. FOERSTER). Er operiert in Vollnarkose, damit der Patient die evtl. auftretenden Schwierigkeiten nicht miterleben muß und in aller Ruhe operiert werden kann, und ohne Blutleere. Wie EHALT (1939) kam auch BERTSEN (1942) nämlich zu dem Schluß, daß ein evtl. sich nach der Abnahme der Manschette bildendes Hämatom zwischen den Nervenenden die Regeneration behindern, u. U. sogar verhindern würde. Mit intensiver Nachbehandlung und langsamer Mobilisierung hatte er 66 % positive Ergebnisse, die sich endgültig aber erst nach Jahren feststellen lassen (er gibt 2 bis 3 Jahre an). Auch bei anderen Chirurgen (RIECHERT -1942- und SUNDERLAND -1949-) liegt die Erfolgsquote mit Sekundärnähten (4 bis 6 Monate nach Kriegsverletzung) bei 60 %. SUNDERLAND (1949)

vertritt anhand von 59 Fällen die Meinung, daß selbst eine Wartezeit von 6 bis 9 Monaten das Endergebnis einer Nervennaht nicht gefährdet, eine solche von einem Jahr und erst recht von mehr als drei Jahren allerdings eine Nervennaht überhaupt aussichtslos macht. Genau denselben Erfolg zeigte schon SCHÖNBAUER (1943) bei Kriegsverletzungen des ersten Weltkrieges anhand von 1873 Nerven nähten. Bei Friedensverletzungen (472 "Friedensnähte") ist der Erfolg wesentlich größer (83,4 %), Mißerfolge also nur bei 16,6 % der Fälle. Hier ist allerdings wieder Vorsicht bei der Beurteilung geboten, da die Verfasser wahrscheinlich auch Besserungen (diese fehlen bei der Angabe) zu den Erfolgen zu rechnen scheinen.

Über eine auffallend hohe Erfolgsquote von 100 % (bei unteren Extremitäten nur 70 %) berichtet BJÖRKESTEN (1947). Von 605 durchgeführten Nerven nähten sind bei 547 (90,4 %) die motorischen Funktionen innerhalb eines Jahres, bei den restlichen 58 Fällen (9,6 %) erst im zweiten Jahr wiedergekehrt. Das Alter der Patienten spielt bei ihm keine wesentliche Rolle. - Allerdings lassen sich auch diese Angaben nicht verwerten, da sich aus seinen Untersuchungen nicht erkennen läßt, ob der Nerv jeweils völlig durchtrennt war oder ob es sich nur um -teilweise- Leitungsunterbrechungen handelte. - BJÖRKESTEN (1947) führte zum größten Teil Sekundärnähte aus, für deren Erfolg er den Zeitraum eines Dreivierteljahres nach der Verletzung am günstigsten hielt. Aber sogar "Spät nähte" nach 34 Monaten will er noch mit "leidlichem Erfolg" operiert haben. Interessant ist, daß er operative Wundinfektionen für die später durchgeführte Sekundärnaht für wenig gefährlich hielt. Dies wird mit der Angabe belegt, daß unter 24 Infektionen nur drei negative Resultate waren. Lerselben Meinung ist nämlich auch ZEUMER (1961), ja er hält sogar eine primäre Nerven naht bei gleichzeitiger Infektion für erfolgreich, da die Nahtstelle der umgebenden Entzündung angeblich genügend Widerstand bieten soll.

Andere Chirurgen hingegen warten grundsätzlich 4 bis 6 Monate (SUNDERLAND -1947- sogar bis 9 Monate) mit der Nerven naht nach

vorheriger vorbereitender Behandlung (Massage und Galvanisation der Muskeln, um Gelenkversteifungen zu vermeiden), da man eine Spontanheilung vor Ablauf dieser Zeit nicht unbedingt auszuschließen vermag (TÖNNIS und GÖTZE -1942-, SUNDERLAND -1949-). Dies wird belegt mit 300 Fällen (allerdings zum größten Teil Schußverletzungen), wovon 2/3 spontan heilten und nur 1/3 operiert werden mußte. Von diesen operativ versorgten Fällen waren 95 % erfolgreich, womit fast die hohe Erfolgsstatistik von FOERSTER (97 %) erreicht wird (nach FONTAINE 1940), gute Vor- und Nachbehandlung und Technik selbstverständlich vorausgesetzt. Gleichzeitig wurde festgestellt, daß die Spontanheilungen bei glatten Durchschüssen mit 71 % (von 76 Fällen) günstiger war als bei gleichzeitigen tiefen und großen Wunden (von 61 Fällen nur 26 % spontan). Im übrigen sei der Erfolg einer Nervennaht immer infrage gestellt (DELANK, NIKOLEI, TÖNNIS 1960).

Während also TÖNNIS (1942) nach seinen Erfahrungen grundsätzlich mit der operativen Nervenversorgung zuwartete und dann offensichtlich eine Sekundärnaht ausführte, suchen andere den goldenen Mittelweg und führen eine Nervennaht 6 bis 12 bis 20 Wochen nach der Verletzung durch (GOLDNER, KELLEY -1958-). Bei ihnen blieb eine Primärnaht vor dem meist erfolglos. Hier wird - allerdings ist nur der N.radialis beteiligt - mit dieser Wartezeit eine "funktionstüchtige Hand" in 9 von 17 Fällen erreicht, wovon 23,5 % als vollständige Heilung und 29,4 % als völlige Mißerfolge bezeichnet werden. Der Rest war nicht befriedigend, zeigte aber mehr oder weniger geringe Grade der Regeneration. Die endgültige Beurteilung dieser Fälle erfolgte nach wenigstens 2 Jahren. Die Gründe für die Mißerfolge waren die üblichen.

Daß auch Nervennähte nach mehreren Jahren noch zu leidlichen Erfolgen führen können, beweist ŠEJNER (1954) anhand von 142 Verletzungen (davon 12 Radialis, 14 Ulnaris, 6 Medianus, 79 Ischiadicus, 9 Tibialis). Bei 34 Patienten wurde die Operation 1 bis 2 Jahre, bei 36 Patienten 2 bis 3 Jahre, bei 38 3 bis 4 Jahre und bei 28 Patienten sogar erst 4 bis 5 Jahre nach der Verletzung durchgeführt. Die frühestmögliche Beurteilung erfolgte nach zwei Jahren post operationem, wobei eine evtl. noch später auftretende Heilung

selbstverständlich nicht ausgeschlossen werden kann. Regelrechte Nervennähte wurden bei 80 % (entspricht 129 Patienten) der Verletzungen durchgeführt, bei dem Rest handelte es sich meist um Neurolysen, mit denen keine günstigen Erfahrungen gemacht wurden. Die Spätresultate nun bestanden bei 41 Patienten (31,8 %) in einer Besserung der motorischen und sensiblen Lähmung, bei 9 Patienten (7,0 %) sogar in einer vollständigen Wiederherstellung der Funktion der Extremitäten und bei 32 Verletzten (24,8 %) in einer "beträchtlichen Besserung". Bei 47 Patienten (36,4 %) dagegen trat keine wesentliche Änderung ein. Die Ergebnisse waren bei alleiniger Nervenverletzung am günstigsten. Früheste motorische Reaktionen will ŠEJNER schon nach zwei Monaten (Ulnaris und Medianus), mittlere nach 10 (Ischiadicus) und die spätesten beim Peroneus nach 1 bis 1 1/2 Jahren beobachtet haben. Bestehende Schmerzen sollen schon 1 bis 2 Tage nach der durchgeführten Naht verschwunden sein. Die durchschnittliche Erfolgsquote (Besserung eingeschlossen) lag bei ihm also bei 63,6 %, wobei man allerdings später evtl. noch eintretende Regenerationen nicht ausschließen sollte.

Über ähnliche Spätresultate wird auch von anderer Seite berichtet (SHAFFER, CLEVELAND -1950-). In 71 Fällen wurde dort bis zu 30 Monaten nach der Kriegsverletzung eine operative Wiederherstellung vorgenommen. Es waren ausschließlich der Medianus und Ulnaris betroffen. Nach erst einjähriger Beobachtung wurde in 69 Fällen (95 %) grobe Berührung an den Fingerspitzen gespürt, in 61 Fällen feine Berührung und Nadelstiche und bei 10 Nervennähten sogar Zweipunkte-Unterscheidungen (entspricht nur 14 % der Gesamtfälle). Auch bei anderen Operateuren (STROMBERG und Mitarbeiter - 1961-) liegt die Erfolgsquote bei diesen Nerven mit nur 3 bis 10 % sehr niedrig (die Methode, Primär- oder Sekundärnaht, läßt sich allerdings nicht mit Sicherheit erkennen). Die durchschnittliche Regenerationszeit soll ja länger sein als 1 Jahr, so daß man unter Umständen völlige sensorische Wiederherstellung erwarten könnte.

Ausführliche, auch tabellarische Angaben über den Erfolg von Nervennähten findet man bei EHALT (1939). Bei ihm wurden ausschließ-

lich Primärnähte durchgeführt, und zwar nach Möglichkeit gleich in den ersten 6 bis 8 Stunden nach der Verletzung; nur bei Infektionen wurde erst die Wundheilung abgewartet. Eine Operation unter Blutleere lehnt er wegen eines möglichen narbenbildenden Hämatoms, das das Einwachsen der Fibrillen verhindern würde, strikt ab. Im Laufe von drei Jahren versorgte er insgesamt 77 Nervenverletzungen (davon 72 frische). Alle Patienten wurden von ihm selbst lückenlos nachuntersucht. Nur 26 Fälle waren bei frischen offenen Verletzungen darunter, die eine völlige Nervendurchtrennung zeigten. Das verletzte Glied wurde nach der Naht immer für 2 bis 3 Wochen absolut ruhig gestellt. Niemals wurde bei EHALT eine elektrische Nachbehandlung oder Massage durchgeführt, auch keine elektrische Prüfung zur Sicherung der Diagnose, da diese klinisch sehr genau gestellt werden könne. Ebenso wendet er sich gegen die Anwendung von Betaxin oder ähnlichen Präparaten während der Dauer des Heilungsprozesses. Alldies schade dem Patienten oft mehr als es ihm nütze. Nur durch Abwarten und passive Bewegungsübungen zur Verhinderung einer Gelenkversteifung in jedem Falle erzielte er die besten Resultate. Nach erfolgloser Primärnaht wurde nie eine zweite Naht versucht. Bei stumpfen Verletzungen sollte man wegen der günstigen Prognose nicht vor 6 Monaten operieren. Bei Plexusverletzungen empfiehlt er immer abzuwarten, da eine Operation keine Erfolgsaussichten hätte.

Die Motorik und Sensibilität waren bei EHALT (1939) in 33,3 % der Fälle völlig wiederhergestellt. Bei 34,5 % trat eine (teilweise) Besserung ein und in 32,2 % der Fälle wurde durch die Naht keine Änderung des Zustandes erreicht. Nach seinen Erfahrungen erlaubt sich EHALT folgende Schlüsse zu ziehen:

Die primäre Naht des Nerves ist vorzuziehen.

Gleichzeitige Gefäß- und Sehnenverletzungen verschlechtern das Endergebnis bezüglich Nerv nicht, wenn es nicht gerade zur Infektion kommt.

Das Alter der Verletzten hat keinen wesentlichen Einfluß.

Die Aussicht für die Wiederherstellung der motorischen Funktion ist besser als die der sensiblen.

Die Sensibilität wird in wenigen Fällen wieder normal; häufig kommt es zu Über- oder Unterempfindlichkeit, in

manchen Fällen auch zur teilweisen Wiederherstellung (Unterempfindlichkeit, besonders aber Überempfindlichkeit dürfte für den arbeitenden Menschen in der Regel stets hinderlich sein).

Der Temperatursinn bleibt in den meisten Fällen gestört. (Dies wird als schweres Arbeitshindernis empfunden, besonders im Winter, da die Störung für "kalt" wesentlich größer ist als für "warm".)

Die Empfindung für den Tiefensinn wird zum größten Teil wieder hergestellt (84 %); sein Fehlen wird ebenfalls als schwere Störung empfunden.

Trophische Geschwüre bleiben nach der Naht nie zurück. Zur Neuombildung kam es bei seinen Fällen nur beim Medianus (60 %), dabei kann die Funktion aber eine sehr gute sein. Die Prognose ist beim N.medianus besser als beim Ulnaris, bei gemischten Nerven schlechter als bei rein motorischen oder rein sensibelen.

Bei vollständig durchtrennten, nicht genähten, rein sensorischen Nerven wird die Empfindung oft von der Umgebung übernommen.

Sekundärnähte (einige Monate nach der Verletzung) geben wahrscheinlich eine etwas schlechtere Prognose als Primärnähte. (Seine Erfahrungen sind dabei aber noch zu gering.)

Bezüglich der Motilität (normale Beweglichkeit und normal-kräftige Muskulatur) wurde seitens der Patienten bei längerer anstrengender Arbeit oft über leichtere Ermüdbarkeit geklagt.

Ein unbedingter Verfechter der Primärnaht war auch ZEUKER (1961). Auf Grund von drei gleichartigen Verletzungen (Glasschnittwunden am rechten volaren Handgelenk mit multiplen Sehnen- und Gefäßverletzungen und völliger Durchtrennung des N.medianus und ulnaris bei 2 Schülern und einem 52-jährigen) glaubt er, sein Hauptaugenmerk auf die möglichst frühzeitige Sicherung der Handinnervation richten zu müssen. Deshalb fordert er primäre und optimale Versorgung des Nerves. - Evtl. aufkeimende Infektionen müssen den Erfolg einer Nervennaht nicht infrage stellen, da die Nahtstelle der umgebenden Entzündung genügend Widerstand leistet. - Jede spätere Operation an peripheren Nerven ist durch innige Ver-

wachung und Neurombildung in der Beurteilung sowie technisch erschwert und wird mit fortschreitender Degeneration der nervalen Elemente unsicher im Erfolg (ganz im Gegensatz zu NIGST -1955- und SEDDON -1954-). Besonderen Wert legt ZEUMER auf die Nachbehandlung: Gipsverband auf mindestens 3 Wochen, während dieser Zeit unterschwellige Tonisierungsübungen, danach täglich durchgeführte elektrische Reizung und aktive und passive Übungen. Für die übungsfreie Zeit (also auch nachts) Tragen einer Korrekturschiene. Mit dieser Methode erreichte ZEUMER bei den beiden Schülern eine völlige Funktionswiederherstellung der Nerven nach rund einem Jahr (11 bzw. 12 Monaten). Der ältere Patient konnte aus organisatorischen Gründen nur mit Massagen nachbehandelt werden. Die nach einem Jahr aufgetretene Atrophie der Mittelhandmuskeln führte der Operateur auf diese Tatsache zurück.

Demgegenüber hielt SEDDON (1949) die primäre Nervennaht nicht unbedingt für vorteilhaft. Drei Wochen nach der Verletzung sieht er als den günstigsten Zeitpunkt für eine Nervennaht an (siehe analog Degeneration-Regeneration), da dann erst die Regeneration der Schwannschen Zellen auf ihrem Höhepunkt ist und die Nervenhüllen sich am besten nähen lassen (frühe Sekundärnaht). Bei hohen (proximalen) Verletzungen sollte man auf keinen Fall länger zuwarten, da die Schrumpfung der peripheren Schwannschen Bänder das stärkste Ausmaß hat, je länger der periphere Nervenstumpf ist. (PECINKA -1961- hält Plexusnähte der drei Primärstränge der oberen Extremität für äußerst ungünstig. Bei ihm wurde höchstens geringe Besserung der Motilität und Sensibilität erreicht; fast immer mußten künstliche Arthrodesen und Muskelverpflanzungen zur besseren Gebrauchsfähigkeit der Hand durchgeführt werden.)

Wichtig für die Beurteilung der Erfolge sei eine Einteilung der Paresen in 6 Gruppen (SEDDON 1949):

1. Kontraktion gegen kraftvollen Widerstand,
2. Kontraktion gegen Gliederschwere und geringen Widerstand,
3. Kontraktion gegen Gliederschwere allein,
4. Bewegung ohne Beteiligung der Gliederschwere,
5. angedeutete Kontraktur,
6. völlige Lähmung.

Warum auch diese Einteilung, die eine einheitliche, vergleichsweise Beurteilung der Erfolge gestatten würde, sich bis jetzt nicht durchzusetzen vermochte, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden. SEDDON operiert (wie BERTSEN und FOERSTER, s.d.) in Vollnarkose, jedoch mit Adrenalininfiltration. Über eine Blutleere äußert er sich skeptisch, verweist sie aber auch nicht direkt. Außerdem führt er keine Nervennaht ohne elektrische Reizung aus, die zur Erkennung der im Narbengebiet befindlichen Nervenäste und zur Prüfung deren Leitfähigkeit von großer Wichtigkeit sei. Die kritische Resektionslänge bei Armnerven wird mit 5 bis 7 cm angegeben, wobei die Gelenkbeugung nie mehr als 90 Grad betragen sollte. Für evtl. nötig werdende Transplantationen wird nur autoplastisches Material verwendet, wonach von 58 Fällen 35 positive Ergebnisse zu verzeichnen waren. Die Erfolgsstatistik erreicht bei ihm erst drei Jahre nach der Nervennaht den vollen Höhepunkt, wobei wiederum tiefe (distale) Verletzungen und kurze Resektionen die beste Prognose hatten. Eine Primärnaht sei zwar nach Möglichkeit anzustreben (vor allen in Friedenszeiten), doch habe sie nach seiner (SEDDONS) Meinung mehrere Nachteile. Die Degenerationszone läßt sich nicht sicher bestimmen (so auch LERICHE -1940-) da eine ausgedehnte Nervenmobilisation bei frischen Verletzungen in der Mehrzahl der Fälle nicht möglich ist. Z.B. läßt sich die Nervenscheide zu diesem Zeitpunkt schlecht nähen - sie verdickt sich ja erst nach drei Wochen -, und es besteht auch keine Möglichkeit, den genähten Nerv in ein völlig narbenfreies Bett zu legen. Digitalnervenverletzungen sollte man jedoch, soweit es sich um glatte Schnittwunden handelt, auf Grund der zahlreich beobachteten prompten Erfolge immer primär nähen. Schlechte Prognosen spricht er allen Nerven zu, die später als 6 Monate nach ihrer Verletzung genäht werden.

NIGST (1959) steht mit SEDDON in all diesen Punkten in völliger Übereinstimmung. Auf Grund der angeführten Nachteile der Primärnaht hält er die f r ü h e Sekundärnaht für unbedingt vorteilhafter, soweit vorgängig und beabsichtigt - bei der primären Wundversorgung - eine Adaptionsnaht (bestehend aus e i n e r Naht durch das Epineurium) als erster Akt dieses zweizeitigen Vor-

gehens vorgenommen wurde. Für die Diagnosestellung genüge völlig die klinische Prüfung der Ab- und Adduktion der Finger (Ulnaris), der Opponierbarkeit des Daumens (Medianus) und der Dorsalflexion des Handgelenkes und Streckung der Finger (Radialis) bezüglich der Motilität. Die Berührungsempfindung könne mit einem Wattebäuschchen, die Schmerzempfindung mit einer Nadel geprüft werden. (Teilweise wurde auch zusätzlich die Zuhilfenahme der Chronaxiewerte für die Diagnosestellung empfohlen. Sie erhöhen sich z.B. nach einem Trauma des Nerves auf das Hundert- bis Dreihundertfache. So BOURGUIGNON -1940). Auch die Bedeutung des Ninyhydrintestes für die Überprüfung der Sensibilität wird hervorgehoben.

Mach Meinung von NIGST (1959) entscheidet die Frühbehandlung, bestehend aus Physiotherapie zur Gelenkmobilerhaltung und Kontrakturvermeidung, Elektrotherapie zur Funktionserhaltung der Muskeln und Tragen von Schienen gegen Überdehnung über den Erfolg (EHALT -1939- lehnt demgegenüber die elektrische Behandlung völlig ab, s.d.). Frühestmögliche chirurgische Maßnahmen werden gefordert, da bis zur völligen Wiederherstellung mindestens 1 1/2 bis 2 Jahre gerechnet werden und bei zu langem Abwarten die Erfolgsaussichten immer geringer werden.

Mit neueren Versuchen will man sogar die ersten Zeichen der Funktionswiederherstellung schon nach 6 Wochen postoperativ (Opponierbarkeit des Daumens bei Medianusdurchtrennung) beobachtet haben. Hierbei wurde die Nahtstelle nach der Naht zur Abschirmung derselben gegen Narbengewebe mit einer Milliporemembran (Kunststoff-Filter-Membran) umgeben, die nach spätestens 1/2 Jahr wieder entfernt werden muß, da sonst Kalkablagerungen die Nervenernährung stören würden. Der mit dieser Methode arbeitende Autor (BÖHLER 1962) will damit recht gute Ergebnisse erzielt haben, und zwar in der Mehrzahl der Fälle früher als mit den üblichen Methoden. Sogar bei über ein Jahr zurückliegenden erfolglosen Nervennähten will er mit dieser seiner Methode (auch mit tiefgekühlten Homoiotransplantaten auf einer Strecke von 9, 7 und 5 cm aus einem N.ischiadicus und anschließender Milliporeumscheidung nach Naht) glänzende Erfolge schon nach 4 Monaten gesehen haben. Die leichte Brüchigkeit der Membran bei Knickungen erfordere allerdings eine mindestens sechs-

wöchige -nach der Nerventransplantation eine drei- bis viermonatige-
Ruhigstellung in Gips. Endgültige Ergebnisse wagt er aber noch nicht
zu geben, da nach seiner Meinung noch laufend Besserungen eintreten
könnten. Mit diesen und ähnlichen Methoden sind schon vielfach Ver-
suche angestellt worden. Meist kehrte - wenn überhaupt - die Nerven-
funktion aber auch nie wesentlich früher als nach der bloßen Nerven-
naht zurück.

Klare und ausführlich ausgewertete Ergebnisse bietet SAKELLARIDES
(1962), die meiner Meinung nach genauer zu sein scheinen als alle
anderen, da sie auf neurologischer Basis beruhen. Er verfügt
über ein Verletzungsgut von 172 Nähten bei 149 Patienten. 98mal
wurden Primärnähte, 72mal Sekundärnähte und 55mal "wiederholte
Nähte" durchgeführt (bei "wiederholten Nähten" handelt es sich
um eine wörtliche Übersetzung. Sehr wahrscheinlich wird darunter
die zweite Naht nach einer erfolglosen Primär- oder Sekundärnaht
zu verstehen sein. Den Begriff einer "frühen Sekundärnaht" scheint
der Autor nicht zu kennen.) Primärnähte wurden dabei unter folgen-
den Voraussetzungen durchgeführt: Der Chirurg muß über eine große
Erfahrung in der Wiederherstellung peripherer Nerven verfügen. Die
Wunde muß sauber und durch ein scharfes Instrument hervorgerufen
sein. Das Gewebe hauptsächlich in der Umgebung der Nervenenden
darf nicht gequetscht sein. Die zerstörten Nervenenden müssen genau
freigelegt und ohne Spannung gestreckt werden können.

Wenn diese Voraussetzungen nicht gegeben sind oder zuviel Begleit-
verletzungen (Sehnen, Arterien usw.) bestehen, sollten die Nerven-
enden lediglich adaptiert und erst sekundär genäht werden (SAKELLARIDES
1962). Diese Voraussetzungen decken sich im großen und ganzen auch
mit den Erfahrungen von SEDDON (1949), NIGST (1955) und anderen.
Es wird also nicht vorbehaltlos die Primär- oder Sekundärnaht be-
vorzugt, sondern die zu wählende Methode erst von Fall zu Fall ent-
schieden. Je länger allerdings eine Nervenoperation aufgeschoben
wird, desto geringer seien die Erfolgchancen. Die operativen Er-
gebnisse von SAKELLARIDES erlaube ich mir in den Tabellen 2 bis 4
wiederzugeben, da man wohl kaum wieder eine derart gründliche Zu-

sammenstellung finden wird. Die Beurteilungen sind so wie sie sein sollten, aufgeteilt in motorische und sensorische Wiederherstellung, beide bis ins feinste Detail untergliedert und mit genauer Angabe der einzelnen Methoden bei verschiedenen Verletzungsgraden. Bei seinen Medianusverletzungen erreichte er die besten Ergebnisse, und zwar bei leichteren Verletzungen, die sekundär genäht wurden (motorisch) 55 %. Die Wiederherstellung der Sensorik war sogar zu 65 % erfolgreich. Aber auch noch 2 bis 3 Jahre nach dem Unfall war eine Medianusnaht erfolgreich (von 4 Fällen nur ein völliger Mißerfolg). Beim Ulnaris waren schon weniger späte Erfolge beschieden. Von 5 Fällen, die zwischen 7 Monaten und 1 Jahr nach der Verletzung versorgt wurden, wurde die mäßige motorische (M_2) Wiederherstellung nur bei 3 Fällen erreicht, während die Sensibilität in jedem Falle mäßig (S_2) bis gut (S_3) wiederkehrte. Auch bei einer Versorgung bis zu 2 1/2 Jahren nach dem Unfall kehrte die Sensibilität noch in allen Fällen mäßig (S_2) wieder, während bei einer Nervennaht 6 bis 7 Jahre nach der Verletzung (2 Fälle) nur in einem Falle die Gefühlsempfindung wiederkehrte (S_2), die motorischen Fähigkeiten dagegen gar nicht.

Die Primärnähte des Medianus waren - ebenfalls bei leichteren Verletzungen - mit 47 % (motorisch) und 51 % (sensorisch) weniger erfolgreich. Auch beim Ulnaris sind die Aussichten mit der Sekundärnaht besser, sogar auch bei schweren und mittelschweren Verletzungen.

Tabelle 2a

Resultate der Radialis-Nähte in Abhängigkeit vom Verletzungsgrad und vom Zeitpunkt der Versorgung (nach SAKELLARIDES 1962)

MOTORISCHE WIEDERHERSTELLUNG	<u>leichte Verletzungen</u>		<u>Schwere und mittel- schwere Verletzungen</u>	
	primär	sekundär	primär	sekundär
M 4 ausgezeichnet	1	1	0	0
M 3 gut	2	2	1 ⁺	0
M 2 mäßig	0	1	1	1
M 0 Fehlschlag	0	0	2	1
insgesamt:	3	4	4	2
=====				

+: Hierbei handelte es sich um eine Primärnaht nach schwerer Verletzung.

Tabelle 2b

Erklärung der Wiederherstellungsgrade beim N.radialis

Fehlschlag M 0: Keine Wiederherstellung.

schwach M 1: Handgelenksextensoren, s c h w a c h .

mäßig M 2: Alle Handgelenksextensoren befriedigend gut;
Extensor digit. comm., extensor indic. propr.
und extensor pollic. long. et brevis
s e h r s c h w a c h .

gut M 3: Handgelenksextensoren gut, Finger- und Daumen-
extensoren m ä ß i g gut.

ausgezeichnet

M 4: Handgelenks-, Finger- und Daumenextensoren g u t ;
bessere Wiederherstellung der Kontrolle und
Koordination der Finger- und Daumenextensoren
n a h e z u n o r m a l .

Tabelle 3a

Resultate der Ulnaris-Nähte in Abhängigkeit vom Verletzungsgrad und vom Zeitpunkt der Versorgung (nach SAKELLARIDES 1962)

MOTORISCHE Wiederherstellung	Leichte Verletzungen			schwere u. mittelschwere Verletzungen		
	primär	sekundär	"Wiederhol- te Naht"	primär	sekundär	"wieder- holte Naht"
M 4 ausgezeichnet	0	1	0	0	0	0
M 3 gut	2 } 36%	2 } 55%	1 } 35%	0 } 22 %	2 } 44%	0
M 2 ⁺ gut	12 }	13 }	5 }	2 }	2 }	0
M 2 mäßig	12	6	6	4(++)	3	1
M 1 ⁺ befriedigend gut	0	0	0	0	0	1
M 1 und M 0 Mißerfolg	13=33%	7=24%	5=30%	3	2	0
insgesamt:	39 (+)	29 (+)	17	9	9	2
=====						
SENSORISCHE WIEDERHERSTELLUNG						
S 3 ⁺ ausgezeichnet	2	4	1	0	0	0
S 3 gut	9 } 42%	8 } 53%	2 } 40%	0 } 22%	2 } 44%	0
S 2 ⁺ gut	6 }	4 }	4 }	2 }	2 }	0
S 2 mäßig	10	9	7	4(++)	3	1
S1 u. S 0 Mißerfolg	13=33%	5=17%	3=30%	3	2	1
insgesamt:	40 (+)	30 (+)	17	9	9	2
=====						

- (+) Anomale Innervation der Skelettmuskeln ergab sich bei 2 Patienten, einmal nach einer Primär-, im anderen Falle nach einer Sekundärnaht.
- (++) Es gab 2 Primärnähte bei mittleren Verletzungen; Ergebnisse bei beiden waren M 2 und S 2. Der Rest waren Nähte bei schweren Verletzungen.

Tabelle 3b

Erklärung der Wiederherstellungsgrade beim N.ulnaris

MOTORIK

- Fehlschlag M 0: Keine Innervation der vom Ulnaris versorgten Muskeln.
- schwach M 1: Alle vom Ulnaris versorgten Vorderarmmuskeln s c h w a c h ; volare Handmuskulatur n u l l .
- M 1: Alle (vom Ulnaris versorgten) Vorderarmmuskeln b e f r i e d i g e n d g u t ; Handmuskulatur n u l l .
- mäßig M 2: alle Vorderarmmuskeln b e f r i e d i g e n d g u t ; Kleinfingerballen s c h w a c h ; Interosseus n u l l b i s s p u r e n h a f t ;
- gut M2+: Alle Vorderarmmuskeln b e f r i e d i g e n d g u t ; Kleinfingerballen b e f r i e d i g e n d o d e r b e f r i e d i g e n d g u t , ersterdorsaler Interosseus b e f r i e d i g e n d
- M 3: Alle Vorderarmmuskeln und Kleinfingerballen g u t m i n u s ; ersterdorsaler Interosseus ebenfalls.
- ausgezeichnet M 4: Alle vom Ulnaris versorgten Muskeln gut; unabhängige Ab- und Adduktion bei allen vier Fingern möglich.
- M 5: Normale motorische Funktion.

SENSORIK

- Fehlschlag S 0: Keine Empfindung.
- S 1: Empfindung nur bei starkem Schmerzreiz.
- mäßig S 2: Oberflächlicher Schmerz und leichte Berührung, die genügen, die Finger vor Verletzungen zu schützen.
- gut S 2+: Überempfindlichkeit, sonst wie S 2
- S 3: Völlige Rückkehr der Wahrnehmung oberflächlicher Schmerzen und leichter Berührung ohne Überempfindlichkeit.
- ausgezeichnet S 3+: wie S 3, aber dazu noch die Fähigkeit der Schmerz- und Berührungslokalisation (auch 2-Punkte-Unterscheidung)
- S 4: Völlige Wiederherstellung

Tabelle 4a

Resultate der Medianus-Nähte in Abhängigkeit vom Verletzungsgrad und vom Zeitpunkt der Versorgung (nach SAKELLARIDES 1962)

MOTORISCHE WIEDERHERSTELLUNG	Leichte Verletzungen			Schwere u. mittelschwere Verletzungen		
	primär	sekundär	"wiederholte Naht" +)	primär	sekundär	"wiederholte Naht" +)
M 4 ausgezeichnet	4	4	1	0	0	0
M 3 gut	14	7	1	0	1	0
M 2 mäßig	5	5	3	1	2 ++)	1
M 1 ⁺ schwach	0	0	0	0	0	0
M 1 u. M 0 Mißerfolg	15=39%	4=20%	9=64%	2	1	1
insgesamt:	38+++)	20+++)	14	3	4	2

SENSORISCHE

WIEDERHERSTELLUNG

S 3 ⁺ ausgezeichnet	2	1	0	0	0	0
S 3 gut	5	8	1	0	1	0
S 2 ⁺ gut	13	6	4	0	0	0
S 2 mäßig	6	5	6	1	2 ++)	1
S 1 u. S 0 Mißerfolg	13=33%	3=13%	3=21%	2	1	1
insgesamt:	39+++)	23+++)	14	3	4	2

+) Von 16 "wiederholten Nähten" folgten 2 einer Sekundär- und 14 einer Primärnaht.

++) Bei einer Verletzung mußte eine Sekundärnaht bei einer mittelschweren Verletzung des Medianus gemacht werden (Resultat M₂ und S₂). Der Rest waren Operationen bei schweren Verletzungen.

+++)) Bei 4 Patienten anomale Innervation der Thenarmuskeln vorhanden, in einem Falle nach Primär-, in den anderen 3 Fällen nach Sekundärnaht. Insgesamt 42 Primär- und 27 Sekundärnähte.

Tabelle 4b

Erklärung der Wiederherstellungsgrade beim N.medianus

MOTORIK

Fehlschlag M 0: Keine Kontraktion.

M 1: Sehr geringe oder geringe Muskelstärke in allen vom Medianus versorgten Vorderarmmuskeln. Keine Kontraktion der Thenarmuskeln.

schwach M 1⁺: Alle vom Medianus versorgten Vorderarmmuskeln funktionieren befriedigend oder besser, Thenarmuskeln nicht.

befriedigend M2: wie M 1, Thenarmuskeln schwach.

gut M 3: Alle vom Medianus versorgten Muskeln mäßig gut, Thenarmuskeln befriedigend gut.

ausgezeichnet

M 4: Alle vom Medianus versorgten Vorderarmmuskeln und Thenarmuskeln gut; leicht unabhängige Daumenfunktion.

M 5: normale Wiederherstellung.

SENSORIK

wie beim N.ulnaris, Tabelle 3b

2. Einteilung der Mißerfolge

Die immer wieder eintretenden Mißerfolge teilt SEDDON (1954) in vermeidbare und unvermeidbare ein. Zu den ersteren rechnet er den schlechten Zustand der Extremität, wie z.B. Atrophie, Verzögerung der Nahtausführung, unzureichende Resektion des geschädigten Nervengewebes, Unzuverlässigkeit der Primärnaht, Fehler bei der Ausführung der Sekundärnaht, wie beispielsweise ungenügende Mobilisierung und postoperative Störungen (Infektionen, Ruptur der Naht usw.).

Unvermeidbare Mißerfolge dagegen seien mit der proximalen Lage der Verletzung, der kombinierten Verletzung von Blutgefäßen, Muskeln, Sehnen und Gelenken und mit zu ausgedehnten Läsionen zu begründen.

3. Zeitspanne Nervennaht-Funktionswiederherstellung

Die Wiederherstellung der Nervenfunktion dürfte theoretisch erst dann erwartet werden, wenn die Regeneration an der Nervenfaser beendet ist. Wie schnell geht diese nun vor sich?

Darüber existieren auch wieder verschiedene Meinungen. YOUNG (BELTRÁN-DE-HEREDIA-Y-ONIS 1949) war der Meinung, daß das Wachstum der Schwannschen Scheiden 1 mm pro die betrage. Nach 10 bis 14 Tagen - CAJAL führte dies auf die Wirkung der beim Zerfall freiwerdenden neurotrophen Substanzen zurück - sei dieses auf seinem Höhepunkt angelangt und erst dann beginne die Regeneration mit 2,4 mm täglich.

Einige Autoren (SUNDERLAND 1947) wissen sogar unterschiedliche Wachstumsquoten der einzelnen Nerven anzugeben. Bei Schädigung der Axone des Ulnaris beispielsweise wird mit einer Spontanrestitution von 0,6, nach Nervennaht desselben mit 0,4 mm pro die gerechnet, beim Ischiadicus (unterhalb des Knies) zwischen 1 und 2 mm täglich. Die sensiblen Fasern wachsen nach diesen Angaben am schnellsten am 120. Tag (entspricht also dem 4. Monat) nach der Verletzung mit 2,5 bis 2 mm pro die, am 200. Tag 1,6 mm und sinkt bis zum 500. Tag auf 0,8 bis 0,5 mm pro die ab.

Im Allgemeinen dürfte die Rückkehr der Funktion wohl von der Entfernung der Nahtstelle vom Erfolgsorgan (Endplatte) abhängig sein (SUNDERLAND 1947, NIGST 1955). Hier wird nun klar, warum distale Nervenverletzungen viel schnellere und bessere Erfolge aufweisen als proximale. Nach statistischem Mittelwert kann wohl in der Regel nach 5 bis 7 Monaten, frühestens nach 6 Monaten (GRANTHAM 1951) post operationem ein Wiederkehren der Funktion erwartet werden. Dies kann jedoch auch noch bis zum 4. Jahr auftreten. (Jäger -1941- beobachtete eine zweijährige, OBERNA -1961- eine 3 1/2-jährige, allerdings nicht vollständige Erholungsdauer.) Dadurch wird begründet, daß man mit einer erneuten Exploration mindestens 7 Monate nach einer Nervennaht warten sollte. Spätnähte, soweit sie erfolgreich sind, haben wahrscheinlich eine viel längere Regenerationszeit (z.B. 17 1/2 Monate bei SHAFFER 1950).

Erste motorische Reaktionen will man beim Ulnaris und Medianus sogar schon nach 2 Monaten (ŠEJNER 1954), beim Radialis meist erst nach 6 Monaten beobachtet haben. (Dafür sei das Ausmaß der Regeneration bei letzterem günstiger.) ZEUMER (1961) dagegen wartete 11 bis 12 Monate bis zur völligen Wiederherstellung des Ulnaris und Medianus. Beim Ischiadicus soll die Regeneration nicht vor 10 Monaten nach Naht erfolgen, beim Peroneus sogar erst nach 1 bis 1 1/2 Jahren (ŠEJNER 1954). Andere Chirurgen (so DEERY 1941) geben für den Medianus am Handgelenk eine Regenerationszeit von 5, oberhalb des Ellenbogens von 14, für den Ulnaris am Oberarm von 9, am Handgelenk von 7 und für den Peroneus am Knie von 9 Monaten an. Bestehende Schmerzen dagegen sollen im allgemeinen nach 1 bis 2 Tagen post operationem verschwunden sein (ŠEJNER 1954). In der Regel wird den genähten Nerven der oberen Extremität, hauptsächlich den Hand- und Fingernerven, die beste Prognose zugesprochen, und zwar deshalb, weil diese meist rein motorisch oder rein sensibel sind (EHALT 1939). Die Zeit bis zur Wiederherstellung sei oberhalb des Handgelenkes rund 13 Monate, in der Hohlhand 7 (kürzestens 3 Monate), an der Fingerbasis (wo noch beide Nerven zusammen sind) 3 Monate und 20 Tage, für die einzelnen Nerven an der Basis der Finger 2 Monate 25 Tage, in der Fingermitte 1 1/2 Monate. Es fand sich kein Unterschied zwischen dem Medianus und Ulnaris, auch keiner zwischen den einzelnen Fingernerven. Die Zeit der Naht nach Unfall sei ohne Einfluß auf die guten Heilungsaussichten. Das Alter spiele eine mäßige, der Ernährungszustand der Hand eine große Rolle.

Sensibilitätsstörungen zeigten bei ŠEJNER eher eine Besserung als Motilitätsstörungen, während FIEDLER (1950) gerade das Gegenteil behauptet und die Motilitätsbesserung sogar für wesentlich vollständiger hält. Letzterer gibt durchschnittlich 10,5 Monate nach Naht bis zum Regenerationsbeginn an.

Nervennähte, später als 2 Jahre nach der Verletzung ausgeführt, werden als wenig erfolgreich angesehen (DEERY 1941), obwohl sie nach noch viel längerer Zeit z.T. noch mit leidlichem Erfolg ausgeführt wurden. NIGST (1955) rechnet im allgemeinen ein Fort-

schreiten der Regeneration durch die Verletzungsstelle von 0,25 mm pro Tag (im distalen Stumpf sogar 3 bis 4 mm), im Mittel 1 mm pro die nach einer latenten Pause von ca. 7 Tagen.

Als Faustregel für die Regenerationsgeschwindigkeit kann man sagen, daß die Regenerationszeit in Tagen der Distanz von der Verletzungsstelle bis zu den Endplatten in mm gleichkommt.

Die Reinnervation teilt man in 3 Stadien ein:

1. Überbrückung der Verletzungsstelle (3 oder mehr Wochen)
2. Regeneration bis zu den Endorganen (durchschnittlich 3 bis 4 mm pro Tag)
3. Wiederkehr der Funktion (verschieden, bis Monate beobachtet.)

Eine spontane Regeneration durchtrennter Nerven jedoch sei nur auf einer Strecke möglich, die dem einfachen bis doppelten Durchmesser des Nerves entspricht (MATSON 1948). Experimentell wurde dies mit Venenärmel, Blutdurchschwemmung und dessen Gerinnung um Nylonfasern mit gutem, funktionellem Ergebnis bewiesen. Andere Autoren (SEDDON 1943, KINGMA und ZUITHOFF 1952) dagegen sind der Meinung, daß bei direkten Nervenverletzungen mit Kontinuitätsunterbrechung dies auf keinen Fall möglich sei; eine Ausnahme bilde lediglich die sog. "Commotio" und "Contusio" des Nerves.

Wie läßt sich nun die Erholung des Nerves klinisch frühestmöglich nachweisen? Mittels Elektromyogramm läßt sich die motorische Erholung klinisch schon bis zu 3 Monaten vor der ersten willkürlichen Bewegung nachweisen. Ebenso kann die Muskelbiopsie das Vorhandensein von Achsenzylindern innerhalb der Schwannschen Scheide beweisen. Die sensorische Erholung ist durch 3 Charakteristika gekennzeichnet (NIGST 1955):

1. Erhöhung des Reiz-Schwellen-Wertes gilt als Voraussetzung für eine Empfindung. Die Schmerzschwelle wird mittels eines Nadelstiches, also eines veränderlichen Reizes, festgestellt.
2. Steigerung der Sensibilität, hauptsächlich für Schmerz und Kälte, weniger für Berührung.

3. Projizierung der Sensibilität nach distal. Bei der Setzung eines Reizes wird dieser distal lokalisiert. Dies gilt hauptsächlich für Berührung, Kälte und Schmerz zu einem Zeitpunkt, an dem erst der proximale Teil wieder innerviert ist. Schreitet die Regeneration nach distal fort, kann der Reiz proximal von der Applikationsstelle lokalisiert werden.

Die Wiederkehr der Regeneration läßt sich auch schon frühzeitig vor Auftreten der taktil-gnostischen Leistungen durch Schweißsekretion, feststellbar mittels des Mobergschen Minhydrin-Testes, ankündigen.

4. Erörterungen der Möglichkeit einer sofortigen Nerven- leitungswiederherstellung nach Nervennaht

Des öfteren tauchten in der Fachliteratur Berichte über sog. "Blitzerfolge" bei Nervennähten (hauptsächlich sensibler Nerven) auf, die aber äußerst skeptisch beurteilt werden. NIGST (1955) fordert darin etwas weniger Optimismus und führt die u.U. vielleicht möglichen "Früherfolge" darauf zurück, daß z.B. angrenzende nicht verletzte sensible Nerven die Innervation mitübernehmen und sogar später gänzlich in die ursprünglich von dem verletzten Nerv versorgten Gebiete einwachsen. Dies wurde auch durch spätere Freilegung einiger Nerven von HAWKINS (1948) bewiesen. Er führte in 4 Fällen eine Medianusnaht durch und beobachtete nach ca. 5 Monaten eine Wiederkehr der Sensibilität. Bei der späteren Exploration des Medianus erwies sich der Nerv zwar als exakt, auf Procaininfiltration proximal der Nahtstelle erfolgte jedoch kein Sensibilitätsausfall. In dem ursprünglichen Ausfallgebiet übernahmen also andere Nerven die sensible Versorgung. Man nennt dies auch das "Phänomen der fehlerhaften Lokalisation" auf Grund der Vereinigung nicht zusammengehöriger Fasern im Bereich der Nervennaht. Diese fehlerhafte Lokalisation soll sich jedoch innerhalb gewisser Grenzen schnell umlernen lassen und wird wohl somit vom Patienten gar nicht wahrgenommen. (Hier sei auch noch einmal auf den eingangs erwähnten Begriff der "Künstlichen Synapse" nach REIN/SCHNEIDER hingewiesen.)

Nach Erfahrungen von FOERSTER (EHALT 1939) werden viele Muskeln auch mindestens von 2 Nerven versorgt; davon abgesehen gäbe es viele anormale Innervationen. Im übrigen soll die Wiederherstellung der Sensibilität nach Nervennaht immer eine unvollständige sein (NIGST 1955). Der maximale Erfolg soll damit gegeben sein, wenn das sich regenerierende Axon zu einem dem ihm eigentlich zugeordneten Endorgan ähnlichen Erfolgsorgan führt. Auch soll die Sensibilität bei wirklicher Regeneration im allgemeinen nicht konzentrisch, sondern inselförmig vom proximal nach distal - und an den Blutgefäßen entlang schneller - wiederkehren.

BOURGUIGNON (1940) allerdings berichtet über einige höchst interessante Ergebnisse. Durch ihn wurden 198 Nervennähte, davon 22 in weniger als 1 Stunde nach der Verletzung, ausgeführt. Von diesen konnten 10 nachuntersucht werden. In 5 Fällen (Ulnaris und Medianus) wurde frühzeitig eine Erregbarkeit und eine nur teilweise Degeneration festgestellt (bei 2 Fällen schon am 19. Tag, in den übrigen Fällen am 26., 45. und 90. Tag). Nach seiner Meinung könnte also die Möglichkeit bestehen, daß bei frühzeitiger Nervennaht einige Achsenzyylinder verheilen, ohne erst zu degenerieren, und somit die Regeneration früher einsetzen kann. Die Heilung wurde jeweils durch Jodiontophorese, kombiniert mit interner Jodmedikation, unterstützt (Dosisangabe fehlt).

Auch könnte die Möglichkeit einer sofortigen bis frühen Funktionswiederherstellung des Nerves in Erwägung gezogen werden, wenn jede einzelne Nervenfaser des durchtrennten Bündels genau in den ihm zugehörigen distalen Abschnitt ohne Verdrehung und dergleichen einwächst (NIGST 1955). Man kann sich aber leicht vorstellen, daß selbst bei einer glatten Schnittfläche diese Möglichkeit wohl kaum, bei einer ausgedehnten Verletzung mit Dislokationen erst recht nicht, besteht.

Für eine sofortige Leitungswiederherstellung nach Nervennaht müßte man rein theoretisch also wohl voraussetzen, daß die Nervennaht **s o f o r t** (so auch STIEVE -1954- anhand einer Tierversuchsreihe) nach Durchtrennung des Nerves ausgeführt wird, jede Nervenfaser genau an den ihr zugehörigen Abschnitt - ohne Zwischenraum - adaptiert und der Degenerationsvorgang am Nerv weitgehendst herabgesetzt, wenn nicht gar verhindert werden kann. Es sei nochmals betont, daß dies ausschließlich - sicher auch nur einige - rein theoretische Hypothesen sind. In der Literatur befinden sich bis jetzt keine Angaben über eine sofortige Leitungswiederherstellung nach Nervennaht.

Die Chirurgische Universitätsklinik Erlangen verfügt allerdings über zwei in ihrem Ergebnis recht interessante Fälle.

Fall 1:

A. W., 50 Jahre, Landwirt. Medianusdurchtrennung während einer Operation.

Dem Patienten wurde bei einer Geschwulstentfernung proximal des rechten Handgelenkes in einem auswärtigen Krankenhaus versehentlich der Medianus durchtrennt. Nach einem Jahr kam der Patient mit völligem Sensibilitätsausfall im Medianusbereich. Der s.Zt. durchgeführte Ninhydrintest ergab einen völligen Ausfall der vegetativen Fasern in diesem Gebiet. Die Revision bestätigte den Verdacht einer vollständigen queren Medianusdurchtrennung. Die Stümpfe waren stark distrahirt und neuromartig verdickt. Es folgte die Resektion in typischer Weise, Anlegung von Drahtnähten zwecks Röntgenkontrolle der Nahtstelle und Fixation in fingerfroier dorsaler Gipsschiene (40° Beugstellung des Handgelenkes) für vier Wochen.

Schon nach vier Tagen gab der Patient eine beginnende Wiederkehr der Sensibilität im Bereich der Finger I bis III an.

- Die Durchführung des Ninhydrintestes zu diesem Zeitpunkt ist leider versäumt worden. - Beginn mit vorsichtigen aktiven Streckübungen, nach sechs Wochen Dehnungsbehandlung und Widerstandsgymnastik.

Bei der Nachuntersuchung 7 Monate post operationem gab der Patient eine Schmerzüberempfindlichkeit im Medianusgebiet an. Grobe Berührungs- und Schmerzreize wurden überall, feine Berührung nur an den Fingern II und III nicht wahrgenommen. Die Motilität war nicht gestört. Der Ninhydrintest zeigte einen völligen Ausfall der vegetativen Fasern der Finger II und III.

Fall 2:

L.G., 41 Jahre, Arbeiter. Bohrmaschinenverletzung linker Oberarm.

Die Wundrevision ergab einen Defekt über dem Condylus radialis mit Durchtrennung der langen Extensoren. An der Oberarminnenseite zeigte sich eine ca. 5 cm lange, fast bis auf den

Humerus reichende Rißplatzwunde, in deren Tiefe der N. ulnaris durchtrennt war. Er zeigte einen Substanzverlust auf einer Strecke von 1 bis 2 cm.

Die Nervennaht wurde mit der primären Wundversorgung vorgenommen. Anschließend Ruhigstellung in Oberarm-Gipslonguette in 140° Beugstellung.

Nach der Operation gab der Patient an, daß er Berührungsreize im Ulnarisgebiet z. T. wahrnehmen könne und die Ab- und Adduktion der Finger in geringem Grad möglich sei. Nach ca. 14 Tagen wurde er mit "noch geringen Empfindungsstörungen" und schnellen Ermüdungserscheinungen der linken Hand in die ambulante Behandlung entlassen.

Nach rund 3 Monaten wurde auf Grund der Verschlechterung des Ergebnisses eine Revision vorgenommen, bei der ein Neurom von 3 cm Länge vorgefunden wurde. Die Resektion geschah in typischer Weise, anschließend wurde der Ulnaris auf die Beugeseite verlagert und die Nahtstelle proximal und distal mit je einem Drahtknoten zwecks Röntgenkontrolle der Nervennaht kenntlich gemacht. Gips für 7 Wochen. Am Abend des Operationstages gab der Patient an, alles wie früher zu spüren, nirgends mehr ein pelziges Gefühl zu besitzen und die Finger schwach aktiv bewegen zu können. Der zu diesem Zeitpunkt sofort durchgeführte Ninhydrintest zeigte nur noch eine geringgradige Störung der vegetativen Fasern im Ulnarisbereich. Der Patient wurde nach Hause entlassen, kehrte aber nach 17 Tagen zurück mit der Angabe, daß die Naht jetzt "gerissen" sei und er plötzlich nichts mehr spüre.

In der Hoffnung auf Besserung wurde der Gips belassen und erst nach dessen Abnahme eine nochmalige Revision durchgeführt. Im Bereich der Nahtstelle wurde ein ca. 2 cm langes Neurom vorgefunden, auf dessen Resektion auf Grund der dann erreichten kritischen Resektionslänge des Nerves und der in solchen Fällen oft beobachteten wiederkehrenden Besserung verzichtet wurde.

5. Erfolgsvergleich der einzelnen peripheren Nerven untereinander.

Die am häufigsten verletzten peripheren Nerven sind die der oberen Extremität. Davon soll wiederum der N.radialis am meisten beteiligt sein. Dann folgen der Medianus, Ulnaris, Ischiadicus usw. (JÄGER 1941). Über die Erfolgsaussichten der einzelnen peripheren Nerven bezüglich ihrer Funktionswiederherstellung nach Naht gehen die Meinungen in Fachkreisen sehr weit auseinander. Im allgemeinen werden die Nähte motorischer Nerven als erfolgreicher angesehen (FIEDLER 1950, NIGST 1955), wird ihnen ja auch in Hinsicht auf ihre Bedeutung das größte Augenmerk geschenkt. Die z.T. guten Erfolge bei sensiblen Nerven (STROMBERG 1961, SHAFFER 1950 und andere) dürften wohl zum größten Teil andere Ursachen haben (NIGST 1955, HAWKINS 1948). Wohl werden sie aber nach Möglichkeit auch versorgt. Erfahrungsgemäß hat der Radialis die besten Aussichten (LERICHE 1940, FONTAINE 1940, SCHÖNBAUER 1943, NIGST 1955 u.a.); ob es daran liegt, weil er zum größten Teil motorische Fasern führt, ist bis jetzt noch unbekannt. Der Ulnaris und erst recht der Medianus haben eine weit weniger gute Prognose, während beispielsweise dem Ischiadicus gar nicht die schlechtesten Aussichten zugesprochen werden.

Auch die Erfahrungen von SAKELLARIDES (1962) decken sich in groben Zügen mit diesen Ergebnissen. Die beste Heilungschance hat nach seiner Meinung der hintere interosseale Zweig des Radialis, während er einer Naht des Medianus und erst recht des Ulnaris weniger gute Aussichten einräumt. Bei ihm erfolgt die sensorische Wiederherstellung in höherem Grade als die motorische Erholung, allerdings in keinem der Fälle vollständig. Tabelle 5 soll die einzelnen Erfolge übersichtlich nebeneinanderstellen.

Tabelle 5

Erfolgsvergleiche der einzelnen peripheren
Nerven untereinander

(Angabe in %)

AUTOREN	<i>Radialis</i>	<i>Ulnaris</i>	<i>Medianus</i>	<i>Musculo- cutaneus</i>	<i>Ischiadicus</i>	<i>Tibialis</i>	<i>Peroneus</i>	<i>Thoraco- dorsalis</i>	<i>Subscapularis</i>
GUINSBOURG (Sek.-Nähte)	54	72	65	o	o	o	o	o	o
RIECHERT	72	57	69	82	70	46	48	o	o
FOERSTER (SCHÖNBAUER 1943)	100	o	o	o	o	o	o	100	100
LERICHE	55	20	40	o	40	o	o	o	o
GOSSET (FONTAINE 1940)	56	o	o	o	o	o	o	o	o
SAKELLARIDES (Sek.-Nähte)	75	55(M) 53(S)	55(M) 65(S)	o o	o o	o o	o o	o o	o o
EHALT (Prim.-Nähte)	100(M)+	33,3(M) 33,3(S)	80(M) 40(S)	o o	o o	o o	o o	o o	o o

o = ohne Angabe

M = Motorik

S = Sensorik

+ vorliegend nur 1 Fall mit motorischer Schädigung
(Resultat: teilweise Besserung)

Daraus ist ersichtlich, daß die Erfolge im einzelnen wesentlich schwanken, hauptsächlich beim Ulnaris, während man sich beim Radialis im großen und ganzen einig zu sein scheint. Es soll aber nochmals auf die eingangs erwähnte und begründete Vorsicht bei diesen Beurteilungen hingewiesen werden. Ein Hervorheben der einen Angabe gegenüber einer anderen kann und darf also keineswegs erfolgen.

6. Versuche an Tieren

Bei peripheren Nervendurchtrennungen wurden z.T. recht aufschlußreiche Tierversuche unternommen. STIEVE (1954) führte u.a. eine große Versuchsreihe an Hunden durch. Er durchtrennte beispielsweise den N.ischiadicus dicht unterhalb seiner Austrittsstelle aus dem Becken quer und mobilisierte seinen peripheren Teil bis zum Kniegelenk. Alsdann verlagerte er den Ischiadicus zur Streckseite durch den Adduktorenkanal. Dort wurde auch der N.saphenus teilweise mobilisiert, ohne ihn von seinem Zentrum oder Versorgungsgebiet zu trennen. Diesen Nerv implantierte er auf längere Strecke seitlich an den Ischiadicus-Stumpf. Somit war also eine Anastomose zwischen einem vorwiegend sensiblen Ast als zentralem und einem gemischten Ast als peripheren Teil hergestellt (dies ist zum größten Teil auch die Grundlage bei autoplastischen Nerven-
transplantationen). Das Verhältnis der Durchmesser betrug Saphenus zu Ischiadicus wie 1:4. Bereits 4 Tage nach der Naht konnte eine deutliche elektrische Nervenerregbarkeit im Stumpf des Ischiadicus nachgewiesen werden. Nach 21 Tagen konnten die Hunde wieder laufen und springen. Diese Implantation war nur erfolgreich, wenn sie sofort nach Durchtrennung des Nerves erfolgte und die Voraussetzung gegeben war, daß der implantierte Nerv aus einem höheren Rückenmarksegment stammte als der geschädigte.

Bislang war es STIEVE nur in einem Falle möglich gewesen, diese Erfahrungen an einem 17-jährigen Patienten mit total abgerissenen Arm-Plexus nach Motorradunfall anzuwenden. Er implantierte dabei den N.accessorius und einen sensiblen Ast des Plexus cervicalis an den Armplexus-Stumpf. Nach 8 Tagen soll der Patient schon deutlich Sensibilität am Oberarm, nach weiteren 2 Tagen passive Bewegung der Finger gespürt haben (über Motorik finden sich keine Angaben). U.U. spielt bei diesem Erfolg die "künstliche Synapsenbildung" (Ionentheorie der Nervenleitung, s.d.) eine nicht unwesentliche Rolle.

Eine völlig neue Operationsmethode mit pharmakologischer Unterstützung entwickelte KOSCHITZ-KOSIC (1960) bei 32 Resektionen am Hunde -Ischiadicus. Er hemmt die Proliferation der Fibroblasten

mittels eines als spezifisches Mitosegift wirkendes Pharmakon, läßt den protoplasmatischen Vorgang des auswachsenden Achsenzyllinders jedoch ungestört. Zusätzlich fördert er die Regeneration der neuralen Anteile des Nerves durch chirurgische Maßnahmen. In das Epineurium der Nervenstümpfe wird Colchicin 1:1000 infiltriert. Die Nervenstümpfe werden anschließend ca. 1 cm weit von der Schnittfläche skelettisiert, ohne die Achsenzyllinder zu verletzen. Eine der Länge nach gespaltene, resezierte Vene wird dann rinnenförmig unterlegt und am gesunden Epineurium einige Nähte gelegt, um die Spannung zwischen den Nervenstümpfen fernab der Vereinigungsstelle abzufangen und die Schnittfläche spannungs- und nahtlos zu adaptieren. Das gesamte Operationsgebiet wird schließlich mit körpereigenem Fett gegen die Umgebung abgeschirmt (sog. Fettplombe). Mit dieser Methode will er die Regenerationszeit von sonst 4 Monaten auf 1 bis 3 Wochen herabgesetzt und die Nervenfunktion erfolgreich wiederhergestellt haben. (KOSIC -1960- will sogar durch erfolgte per-primam-Heilung des Nerves nach 5 bis 15 Tagen - also lange vor der üblichen Zeit - eine funktionelle und morphologische Wiederherstellung des Nerves beobachtet und nachgewiesen haben.)

Inwieweit diese Methode allerdings auf den Menschen angewandt werden kann, ist höchst fraglich. Wahrscheinlich bietet der Tierorganismus auch ganz andere Voraussetzungen für den Heilungsprozeß. (Körperfremde Organe heilen ja beispielsweise nach russischen Versuchen an Hunden angeblich anstandslos ein, während sie beim Menschen spätestens nach einigen Monaten als körperfremdes Eiweiß zerstört und abgebaut werden.)

Mit ähnlichen Methoden - allerdings ohne Colchicin und "Fettplombe" - ist von anderen Autoren höchstens teilweise Funktionswiederherstellung, aber auch nie vor der zu erwartenden Zeit, bei Menschen erreicht worden. Eine Ausnahme bildet die Bekanntgabe einer Versuchsreihe von BÖHLER (1962) mit einer sog. Milliporeumscheidung nach Nervennaht. Hierbei soll das erste Auftreten der Funktionsrückkehr um etliches früher erfolgt sein als mit anderen Methoden. 9 Monate nach der Nervennaht ist bei ihm die Funktion aber auch noch nicht völlig zurückgekehrt, so daß diese Methode der alleinigen Nervennaht auch nicht wesentlich überlegen zu sein scheint. (Die Versuchsreihe des Autors ist noch im Gange.)

7. Zusammenfassende Ergebnisse

Für eine erfolgreiche Nervennaht sind im großen und ganzen folgende Gegebenheiten vorauszusetzen (NIGST 1955):

1. Nervenverletzungen, müssen möglichst weit distal liegen, da die regressiven Veränderungen in der Peripherie stärker ausgeprägt sind.
2. Eine möglichst baldige Nervennaht wird gefordert. Allein schon nach 6 Monaten ist der Muskel durch die fehlende Innervation atrophiert, ebenso die Sinnesorgane und die Haut, so daß die Regenerationsfähigkeit weitgehendst eingeschränkt ist. (Der größte Zeitraum, nach dem eine erfolgversprechende Naht ausgeführt werden kann, ist aus Tabelle 6 ersichtlich.)
3. Die Entfernung der Nervenstümpfe voneinander sollte nicht zu groß sein. Auch nach Verzögerung der Nervennaht können sich die Nervenenden durch Schrumpfung des peripheren Stumpfes voneinander entfernen.

Tabelle 6

Kritische Zeitspanne zwischen Verletzung und Naht
nach ZACHARY (NIGST 1955)

(Angabe in Monaten)				
Höhe der Läsion		hoch	mittel	tief
Medianus	motorisch sensorisch	9	13	32
		12	17	17
			36 (Kind)	36 (Kind)
Ulnaris		12	16	16
Radialis		13	16	16
Fibularis		12	13	13
Tibialis	motorisch	13	15	15
	sensorisch	15	15	15

Die Diagnose einer Nervenverletzung sei klinisch mit einfacher Prüfung der Motilität und Sensorik zu stellen.

Vielfach wird die Primärnaht unbedingt gefordert (FONTAINE, EHALT, JÄGER u.a.). Manche Autorer geben demgegenüber zu bedenken, daß

bei Infektionen und anderen Begleitverletzungen die Ergebnisse der Primärnaht wesentlich ungünstiger sind und diese mit Nahtspannungen, ungenauer Adaption, schlechter Blutversorgung des Nerves und Sklerosierung der Gewebe an der Nahtstelle die Gründe für die zahlreichen Mißerfolge bilden. Erstgenannte Komplikation halten aber z.B. ZEUMER und BJÖRKESTEN für völlig belanglos bezüglich der Funktionsherstellung des Nerves. Vielfach wird auch verlangt, mindestens 5 bis 7 Monate abzuwarten, da bis zu diesem Zeitpunkt des öfteren eine Spontanheilung beobachtet wurde (HANKÉ, ŠEJNER und TÖNNIS). Nach Ablauf dieser Zeit könne dann immer noch eine Nerven-naht ausgeführt werden. Eine Wartezeit - auch bis zu 9 Monaten - würde sich angeblich nicht nachteilig auf die Funktionswiederherstellung des Nerves auswirken. Die Primärnaht sollte nach Meinung zahlreicher Experten nur innerhalb der ersten 6 bis 8 Stunden bei glatten Schnittwunden ausgeführt werden. Ansonsten sollte nur die primäre Wundversorgung durchgeführt und die Nervenenden gegebenenfalls adaptiert werden. SEDDON hält allerdings die Primärnaht gar nicht unbedingt für vorteilhaft, obwohl sie - hauptsächlich in Friedenszeiten - nach Möglichkeit immer in Betracht gezogen werden sollte. Hauptgründe dafür seien die unsichere Beurteilung der Läsionsausdehnung bei einer frischen Verletzung, das Unvermögen, den Nerv in ein gesundes Bett zu legen und das schwierige Nähen der dünnen Epineuralscheide. Letztere verdickt sich ja erst nach ca. 3 bis 6 Wochen. Eine Naht zu diesem Zeitpunkt ("frühe Sekundärnaht") wäre die aussichtsreichste, ist aber in den wenigsten der Fälle ausgeführt worden.

Demgegenüber sind aber auch Nerven-nähte bis zu 7 Jahren nach der Verletzung versucht worden. Im allgemeinen kann man wohl aber sagen, daß die Aussichten von einem Jahr nach der Verletzung an für eine Nerven-naht immer schlechter werden, die motorische Innervation in den wenigsten Fällen - und nie vollständig - wiederkehrt (SAKELLARIDES). Deshalb sollte frühestmöglich zu chirurgischen Maßnahmen gegriffen werden (NIGST 1955).

Mit Sekundärnähren scheinen im allgemeinen bessere Erfolge als mit Primärnähren erzielt worden zu sein. (Erstere sind allerdings auch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ausgeführt worden.)

Die Wiederherstellung der Motorik im Vergleich zur Sensorik wird höchst verschieden eingeschätzt. Die meisten Operateure erhalten

jedoch eine vergleichsweise bessere motorische Funktionswiederherstellung, während die Sensibilität in fast keinem der Fälle - egal ob Primär- oder Sekundärnaht - vollständig zurückerlangt wird (EHALT, SAKELLARIDES).

Von der Blutleere bei der Operation wird wegen der die Regeneration behindernden Hämatombildungsmöglichkeit meist wenig Gebrauch gemacht.

Auf die Vor- und Nachbehandlung wird vielfach großer Wert gelegt. Die Frühbehandlung (Physiotherapie, Elektrotherapie, orthopädische Maßnahmen usw.) ist nach NIGST (1959) angeblich für den Erfolg entscheidend. Nach der Naht sollte für mindestens 3 Wochen absolut ruhiggestellt und dann mit aktiven, später passiven, vorsichtigen Bewegungsübungen begonnen werden. Die elektrische Behandlung und Massage ist vielfach umstritten, von EHALT wird sie sogar als eher schädlich abgelehnt.

Die Erfolgsaussichten der einzelnen peripheren Nerven nach Naht sind verschieden. In der Mehrzahl der Fälle sind sie beim Radialis, hauptsächlich dessen hinterem interossealem Zweig (SAKELLARIDES) am besten.

Die Zeitspanne, nach der am frühesten eine Funktionswiederherstellung erwartet werden darf, beträgt im Mittel 1 bis 1 1/2 Jahre. Im allgemeinen heißt es, daß die Regenerationszeit in Tagen der Distanz von der Verletzungsstelle bis zu den Endplatten in mm gleichkommt (NIGST 1955). Somit erscheint die Beurteilung der am distal gelegenen Verletzungen günstiger. Die am weitesten proximal gelegenen sollten baldmöglichst versorgt werden, da die Retraktion des peripheren Stumpfes die größten Ausmaße beträgt, je länger dieser ist (SEEDON 1949).

Das Alter des Patienten spielt bei der Mehrzahl der Autoren im wesentlichen keine bedeutende Rolle für die Wiederherstellung der Nervenfunktion. Nur SAKELLARIDES erreichte bei sehr jungen Patienten (zwischen 3 und 16 Jahren) bei Medianusverletzungen beispielsweise bessere positive Ergebnisse als bei Patienten über 16 Jahren. Dagegen scheint bei ihm das Ausmaß der Verletzung eine nicht unbedeutende Rolle hinsichtlich des Grades der Funktionswiederherstellung zu spielen (s.Tab. 2 bis 4).

Die z.T. guten Ergebnisse bei Tierversuchen haben sich anscheinend noch nicht auf den Menschen übertragen lassen. In der Literatur sind Berichte über frühe und vor allem über sofortige Nervenleitungs-

wiederherstellungen nach Naht beim verletzten Patienten nicht erschienen. Die Chirurgische Universitätsklinik Erlangen verfügt über einen derartig gelagerten Fall.-Die einzelnen Erfolgsangaben seien noch einmal übersichtlich in Tabelle 7 gegenübergestellt. Es möge aber nochmals betont sein, daß bei vergleichweiser Betrachtung äußerste Vorsicht am Platze ist. Fast immer nämlich werden alle möglichen Nervenverletzungen - also nicht nur reine Durchtrennungen - vermischt, schwere und leichte Verletzungen, Wiederkehr der Motorik und Sensorik zusammengeworfen sein. Die Mehrzahl der Operateure definiert auch ihre "Erfolge" völlig unterschiedlich und scheint z.T. auch Besserungen mit zu den Erfolgen zu zählen. Die besten unter sich vergleichbaren Angaben liefern immer noch EHALT und - noch bessere - SAKELLARIDES.

Tabelle 7

Zusammenstellung der einzelnen Erfolgsquoten
bei Nervennähten unter Berücksichtigung der
jeweiligen Methode (Angabe in %)

Operateur	Erfolge	gute bis mäßige Besserung	totale Mißer- folge	durchgeführte Methode:
FOERSTER +)	60	30	10	konservativ
FOERSTER +)	97	--	3	Sekundärnaht
HANKE	55	42	3	hauptsächlich Primärnaht
JÄGER	50-60	o	o	Primärnaht
GUND	70,8	o	o	Sekundärnaht
BERNTSEN	66	o	o	Sekundärnaht
SUNDERLAND	60	o	40	Sekundärnaht
RIECHERT	60	o	40	Sekundärnaht
SCHÖNBAUER (Krieg)	60	-	40	Sekundärnaht
(Frieden)	83,4	-	16,6	Sekundärnaht
BJÖRKESTEN	100(!)	-	-	hauptsächlich Sekundärnaht, z.T. "spät"
TÖNNIS	95	o	o	Sekundärnaht
(glatte Durchschüsse)	71	o	o	konservativ
(große, tiefe Wunden)	26	o	o	konservativ
GOLDNER	23,5	47,1	29,4	frühe Sek.-naht
ŠEJNER	7,0	56,6	36,4	(späte) Sek.-naht
LERICHE	39	o	61	hauptsächlich Sek.-naht
EHALT	33,3	32,2	34,5	nur Prim.-naht
SAKELLARIDES				
Motorik	61	13	26	Prim.-naht
(bei leichteren	61,6	21,8	16,6	Sek.-naht
Verletzungen)	25,5	33,2	36,3	wiederholte Naht
Sensorik	46,5	20,5	33	Prim.-naht
(bei leichteren	56	29	15	Sek.-naht
Verletzungen)	38	36,5	25,5	wiederholte Naht

o = ohne Angabe

+) = Angaben nach FONTAINE

III. Eigene Untersuchungen

Die Chirurgische Universitätsklinik Erlangen verfügte in den Jahren 1956 bis 1961 über ein Krankengut von 35 Nervenverletzungen. Davon wurden bei 27 Verletzungen Nervennähte durchgeführt, während es sich bei dem Rest um nicht versorgte Nervenverletzungen bzw. um unvollständige Nervendurchtrennungen (ein Fall) handelte. Von dem gesamten Verletzungsgut konnten nur 23 Fälle nachuntersucht werden. Bei 18 dieser nachuntersuchten Patienten handelte es sich um Nervennähte.

1. Methodik

Bei der Nachuntersuchung wurde die Motilität - je nach Art der Verletzung - mit Hilfe der Ab- und Adduktion der Finger bezüglich des Ulnaris, der Opponierbarkeit des Daumens bezüglich des Medianus und der Dorsalflexion des Handgelenkes und Streckung der Finger bezüglich des Radialis klinisch geprüft. Die Paresen wurden in 6 Gruppen eingeteilt:

Völlige Lähmung (0)

Spurkontraktion (1)

Aktive Bewegung bei Ausschaltung der Schwerkraft (2)

Aktive Bewegung gegen Schwerkraft allein (3)

Aktive Bewegung gegen Schwerkraft und Widerstand (4)

Normale Muskelkraft (5)

Die Sensorik wurde mit einem kleinen Wattebausch und einer Nadel hinsichtlich der Berührung bzw. des Schmerzes überprüft. Zusätzlich wurde bei allen Patienten der s. Zt. von MOBERG entwickelte Ninydrintest ausgeführt, der auf der Sichtbarmachung der Schweißsekretion beruht. Diese findet nach völliger Nervendurchtrennung nicht mehr statt, da damit nämlich gleichzeitig die vom proximalen Anteil des Plexus brachialis an im selben Strang nach peripher verlaufenden, die Schweißsekretion regulierenden vegetativen Fasern mit unterbrochen werden. Zur Durchführung dieses Testes reinigt sich der zu Untersuchende die Hände mit

Seife und Wasser und trocknet sie gut ab, ohne sie danach wieder miteinander in Berührung zu bringen. Dann drückt man seine Fingerkuppen auf einen weißen Schreibmaschinenpapierstreifen unter Vermeidung einer Verfälschung des Ergebnisses mit eigenen Abdrücken (Gummihandschuhe!). Diese Streifen werden in einer Ninhydrinlösung (Rp. Ninhydrin 1.0, Aceton ad 100.0 plus einige Tropfen Eisessig) entwickelt und anschließend heißluftgetrocknet. (5 bis 10 Minuten bei 100 bis 110° C) Nach dem Heißlufttrocknen treten die Fingerabdrücke schon deutlich hervor. Sie werden anschließend in einer Kupfersulfatlösung (Rp. Kupfersulfat 1.0, Aqua dest. 5.0, Methanol 95.0, Acid. nitric. gtt. Nr. V) fixiert und sind so unbegrenzt haltbar. (GELDMACHER 1962).

Von vielen Patienten wurde bei der Nachuntersuchung eine nicht vollständige Sensibilitätsrückkehr angegeben, obwohl der Ninhydrintest in all diesen Fällen deutliche Fingerabdrücke zeigte. Der Gedanke, daß sich die vegetativen Fasern u.U. schneller und vollständiger regenerieren als die Nervenfasern selbst, scheint deshalb nicht unbegründet zu sein. (Da es sich bei den meisten dieser Patienten nicht um Arbeitsunfälle handelte, dürfte ihren Angaben wohl weitgehendst Glauben geschenkt werden!) Deshalb bin ich der Meinung, daß man die erfolgende Schweißsekretion nicht einfach mit der wiederkehrenden Sensibilität gleichsetzen sollte. - Der Ninhydrintest sagt m.A. nach lediglich etwas über den Zustand und die Funktion der vegetativen Fasern aus.

Aus diesem Grunde ist der Ausfall dieses Testes in drei Gruppen eingeteilt worden:

Erfolgt der mittels des Ninhydrintestes sichtbar gemachte Fingerabdruck in normaler Stärke, so bezeichnet man die Funktion der vegetativen Fasern auch als

(a) n o r m a l .

Fallen die sichtbar gemachten Fingerabdrücke schwächer aus als gewöhnlich, was für eine noch nicht vollständige Regeneration der vegetativen Fasern bezeichnend ist, so nennt man die Funktion derselben

(b) s c h w a c h .

Erhält man mittels des Ninhydrintestes keinen Abdruck, sind

also die die Schweißdrüsen regulierenden vegetativen Fasern völlig unterbrochen, so bezeichnet man diesen Ausfall als

(c) n e g a t i v .

2. Schilderung der Fälle

a. Primärnächte

A. W., 35 Jahre, Feinmechaniker. Glasschnittverletzung proximal des Handgelenkes rechts, Ulnarseite.

Bei der Aufnahme wurde eine Anaesthesie und Bewegungseinschränkung des Kleinfingers angegeben. Die Revision ergab eine völlige Durchtrennung des N. ulnaris, der A. ulnaris, der Sehnen des Palmaris longus und Flexor carpi ulnaris sowie sämtlicher Beuger der Finger III bis V. Die Nervennaht wurde zusammen mit der primären Wundversorgung vorgenommen. Gips für 4 Wochen. Der Ninhydrintest 2 Monate nach der Verletzung war im Ulnarisbereich negativ.

Die nach rund 2 Jahren durchgeführte Nachuntersuchung ergab eine noch nicht völlige Sensibilitätswiederherstellung für feine Berührung. Grobe Berührung und Schmerz wurde dagegen im gesamten Ulnarisbereich wahrgenommen. Der Ringfinger befand sich in Beugestellung (offensichtlich wurde wohl auch keine Sehnennaht vorgenommen) und die Mm. adductor pollicis, flexor pollicis brevis und interosseus I waren deutlich atrophiert. Die Bewegung der Finger IV und V erfolgte gegen Schwerkraft und Widerstand (4). Der nochmals durchgeführte Ninhydrintest ergab nur noch am rechten Kleinfinger eine schwache Funktion der vegetativen Fasern.

K.S., 52 Jahre, Büglerin. Die Patientin zog sich eine Schnittwunde an der Ulnarseite des rechten Unterarmes zu.

Bei der Aufnahme zeigte sich ein deutlicher Sensibilitätsausfall im Versorgungsgebiet des Ulnaris. Es handelte sich um eine völlige Durchtrennung des N. ulnaris. Bei der Wundversorgung wurde die primäre Nervennaht vorgenommen. Oberarmgipsschiene für 6 Wochen. Danach erfolgte eine kurzfristige Unterwassermassage und elektrische Behandlung. Auch wurde eine einmalige Cortison-Gabe in das Nahtgebiet appliziert (25 mg unter Bildwandler-Kontrolle). Nach intensiver Reinstrombehandlung nach 2 Monaten wurde eine erhebliche Besserung angegeben.

Bei der Nachuntersuchung (2 1/2 Jahre nach der Verletzung) gab die Patientin an, mit der rechten Hand keine Gegenstände mehr

sicher halten zu können (ihr "fielen Gegenstände aus der Hand"), sie bemühte sich deshalb seit längerer Zeit, auf die linke Hand umzulernen. Es konnte auch nur eine Spurkontraktion (1) hauptsächlich des V. Fingers, der sich in Beugestellung befand, festgestellt werden. Die Mm. adductor pollicis, flexor pollicis brevis und interosseus I waren deutlich atrophiert. Feine Berührung des Kleinfingers wurde nicht, Nadelstiche dagegen überall empfunden. Der Ninhydrin-Test ergab im Bereich des V eine noch nicht völlige Wiederherstellung. Im übrigen klagte die Patientin über eine Witterungsempfindlichkeit, hauptsächlich bei stärkerer Kälte.

H.L., 19 Jahre, Bürstenmacher. Schnittwunde an rechter Ellenbeuge.

Der Patient gab bei seiner Aufnahme einen Sensibilitätsausfall an den Fingern I bis III an, die Beweglichkeit dieser war eingeschränkt. Es ergab sich eine Durchtrennung des N.medianus und der begleitenden Gefäße. Der Nerv wurde primär genäht und der Arm in einer Oberarmgipschiene in 90° Beugestellung für 4 Wochen ruhiggestellt. Ab dieser Zeit erfolgte eine dreiwöchige elektrogymnastische Behandlung. Nach 4 Monaten war noch keine Besserung festzustellen.

Die nach 1 1/4 Jahr erfolgte Nachuntersuchung ergab eine starke Berührungs- und Schmerzüberempfindlichkeit. Die Bewegung erfolgte am Zeigefinger gegen die Schwerkraft (3), an den übrigen Fingern gegen Schwerkraft und Widerstand (4). Der Patient klagte über starke Kälteempfindlichkeit. Der Ninhydrintest fiel normal aus.

L.W., 20 Jahre, Hilfsarbeiter. Schnittverletzung rechter Daumenballen.

Patient hatte ein pelziges Gefühl der Daumenkuupe. Die Wundrevision ergab eine Durchtrennung der Beugeschne und des N.digitalis volaris pollicis radialis (Endaufzweigung des Ramus terminalis radialis aus dem Medianus). Die Nervennaht erfolgte bei der primären Wundversorgung unter Blutleere. Unterarmgips für 3 Wochen.

Bei der Nachuntersuchung 3 Jahre nach Verletzung ergab sich eine

geringgradige Sensibilitätsherabsetzung an der Radialseite der volaren Daumenkuppe, die vom Patienten aber nicht als Störung empfunden wurde. Lediglich im Narbengebiet gab er ein überempfindliches Schmerzgefühl beim unbeabsichtigten Anstoßen an, auch klagte er über Kälteempfindlichkeit des Daumens bis zum Endglied. Der Bewegungsgrad war nicht herabgesetzt (5). Der Nihydrintest bewies die völlige Regeneration der vegetativen Fasern.

S. E., 21 Jahre, Elektrotechniker. Kreissägenverletzung der Finger I, IV und V links.

Die Wundrevision ergab eine Beuge- und Strecksehnenverletzung des Daumens mit Durchtrennung des N. digitalis volaris pollicis radialis. Der Nerv wurde primär bei der Wundversorgung genäht. Ruhigstellung in Gips für 3 Wochen. Danach Beginn mit vorsichtigen Bewegungsübungen.

1 1/4 Jahr nach der Verletzung wurde ein "elektrisierendes Gefühl" beim Anstoßen des Narbengebietes angegeben, außerdem eine Überempfindlichkeit gegen Kälte. Wenn auch feine Berührung noch nicht gespürt wurde, so gab der Patient doch selbst ein Gefühl der Besserung an. Die Bewegung war nicht eingeschränkt (5), der Nihydrintest normal.

E.B., 52 Jahre, Schreiner. Kreissägenverletzung der linken Hohlhand.

Bei der Aufnahme zeigte sich eine tiefe Schnittwunde, von der Außenseite des Daumenballens bis zur Kleinfingerseite ziehend. Die Revision ergab eine völlige Durchtrennung der Thenar-Muskeln, der Beugesehen von I und II und der volaren Hautnerven von I und II (N. digitalis volaris pollicis radialis und N. digitalis volaris indicis radialis). Bei beiden Nerven wurde eine Primärnaht mit der Wundversorgung ausgeführt. Gips für 3 Wochen.

Die Nachuntersuchung rund 5 Jahre nach der Verletzung zeigt eine Einschränkung der Bewegung des Daumens und Zeigerfingers (1) und des Mittelfingers (3), der Faustschluß gelinkt nur unvollkommen. Der Patient klagt über starke Überempfindlichkeit bei Schmerz- und Berührungsreizen ("der Schmerz ziehe bis ins Herz"). Die

Streckung des Daumens und die Adduktion des Mittel-, hauptsächlich aber des Zeigefingers, kann nur passiv erreicht werden. Eine Muskel-Atrophie ist nicht erkennbar. Der Ninydrintest zeigt nur an der radialen Daumenseite eine noch nicht völlige Wiederherstellung der Schweißdrüsenfunktion. Der Patient ist jetzt Hilfsarbeiter.

J.K., 62 Jahre, Maler. Glasschnittverletzung der rechten Hohlhand.

Die Revision ergab eine Durchtrennung des N.digitalis volaris indicis radialis (aus dem R.terminalis radialis des Medianus). Primäre Naht dieses Nerves, Gips für 3 Wochen.

Nach rund 1 Jahr gibt der Patient, jetzt Rentner, eine Überempfindlichkeit gegen Kälte und fehlendes Wärmegefühl an. An der radialen Seite der Zeigefingerkuppe wird keine feine Berührung wahrgenommen. Der Patient gibt dort ein "taubes Gefühl" an. Die Bewegung ist nicht beeinflusst (5). Der Ninydrintest fiel nur an der radialen Zeigefingerkuppe schwach aus.

M. W., 14 Jahre, Schülerin. Glasschnittverletzung, rechte Hohlhand.

Bei der Wundrevision zeigten sich die tiefe und oberflächliche Beugesehne und beide volare Fingernerven des Zeigefingers 1 cm unter der Fingerbasis durchtrennt. Beim III. Finger war die oberflächliche Beugesehne angeritzt und der ulno-volare Nerv in gleicher Höhe durchtrennt. Die primäre Wundversorgung wurde vorgenommen. Nach der Sehnennaht folgte die Naht des N.digitalis volaris indicis ulnaris (der N.digit.vol.ind.rad. konnte nicht gefunden werden). Auf die Naht des Nerves des III. Fingers wurde verzichtet, da keine wesentlichen Paresen festgestellt werden konnten. Nach der Ruhigstellung in einer dorsalen Gipsschiene erfolgte eine rund zweimonatige Massage (dreimal wöchentlich).

4 Jahre nach der Verletzung gab die Patientin an, daß die eingetretene Besserung sich seit Absetzen der Massage nicht weiter vervollständigt hätte. Am III. Finger konnten keine Ausfallserscheinungen festgestellt werden.

nungen festgestellt werden. Der rechte Zeigefinger dagegen sei im ganzen Überempfindlich gegen Kälte. Schmerzreize wurden nur an der Fingerkuppe als abgeschwächt angegeben. Feine Berührung wurde nirgends, grobe Berührung überall wahrgenommen. Die Bewegung konnte nur mit (1) ermittelt werden, der Ninyhydrin-test war normal. Es konnte auch kein Unterschied zwischen radialer (nicht versorgter) und ulnarer (versorgter) Fingerseite festgestellt werden.

H. W., 35 Jahre, Vulkaniseur. Schnittverletzung am rechten Mittelfinger in Endgelenknähe mit Durchtrennung der Beugesehne und des N. digitalis volaris digiti III. radialis (aus dem R. terminalis ulnaris des Medianus). Die primäre Nervennaht erfolgte zusammen mit der Wundversorgung. Anschließend Ruhigstellung in Gips für 4 Wochen (in Beugestellung). Vierwöchige krankengymnastische Behandlung. Der Patient gab an, schon nach 3 Monaten wieder Gefühl - wenn auch ein noch nicht vollständiges - in der Kuppe gehabt zu haben.

1 1/2 Jahre nach der Verletzung gibt er lediglich eine Überempfindlichkeit, hauptsächlich gegen Kälte, an. Die geringe Sensibilitätsherabsetzung mache ihm als Linkshänder nichts aus. Die Bewegung ist selbstverständlich vollständig (5), der Ninyhydrin-test fiel normal aus.

H.K., 72 Jahre, Kunstmaler. Kreissägenverletzung der rechten Hand.

Die Wundrevision ergab eine Durchtrennung der tiefen Beugesehne und des radialen Gefäßnervenbündels des Mittelfingers in Höhe des Mittelgelenkes. Der N. digitalis volaris digiti III. radialis wurde primär bei der Wundversorgung genäht. Anschließend Ruhigstellung in Gipsschiene für 3 Wochen.

Die Nachuntersuchung erfolgte 3 Jahre nach der Verletzung. Der Patient gab an, daß der sich in Beugestellung befindende Finger ihm etwas "fremd" geworden und beispielsweise beim Münzaufheben hinderlich sei. Die Berührungs- und Schmerzempfindung sei deutlich herabgesetzt, aber nicht mehr aufgehoben, die Motilität selbstverständlich nicht eingeschränkt (5). Der Patient massiert und bewegt seinen Finger in jeder freien Minute selbst und glaubt,

damit eine Besserung beobachten zu können. Der Ninhydrintest deutete auf normale Funktion der vegetativen Fasern hin.

K. Th., 54 Jahre, Packerin. Fräsverletzung linke Hand. Bei der Aufnahme zeigte sich eine komplizierte Grundgliedfraktur des Zeige- und Mittelfingers links. Am Mittelfinger war zusätzlich die oberflächliche Strecksehne und der N. digitalis volaris digiti III. radialis durchtrennt. Die Nerven-naht wurde zusammen mit der primären Wundversorgung ausgeführt, anschließend Ruhigstellung in Gips nach Frakturreposi-tion für 6 Wochen. Danach aktive und passive krankengymnastische Behandlung für mehrere Wochen.

2 Jahre nach der Verletzung erfolgte die Nachuntersuchung. Dabei war die Bewegung der Finger II und III zwar eingeschränkt (kein völliger Faustschluß, keine völlige Streckung), aber gegen Widerstand und Schwerkraft (4) möglich. An der radialen Seite des Mittelfingers und an der als "pelzig" angegebenen Kuppe zeigte sich eine starke Berührungs- und Schmerzempfindlichkeit nebst ausgeprägtem "Kälteschmerz". Zusätzlich spüre sie - meist sehr schmerzhaft - jeglichen Witterungsumschlag. Der Ninhydrintest dagegen war normal.

A. Sch., 21 Jahre, Metzger. Schnittwunde am linken beugeseitigen Kleinfinger.

Die Wundrevision ergab eine Durchtrennung beider Beugesehnen und der Nn. digitalis volaris digiti V. ulnaris et radialis. Diese beiden Nerven wurden primär genäht. 6 Monate später wurden noch Sensibilitätsstörungen auf der dorsalen, volaren und ulnaren Kleinfingerseite angegeben. Der damals durchgeführte Ninhydrintest deutete an der Fingerkuppe und Speichenseite des V.Fingers auf eine schwache Funktion hin.

2 Jahre nach der Verletzung wurde eine starke Kälteempfindlichkeit der Fingerkuppe angegeben. Auch bei zufälligem Anstoßen sei selbige schmerzhaft. Feine Berührung wurde nicht, Schmerzreize im Ausfallgebiet abgeschwächt empfunden. Die Motilität war vollständig (5). Der Ninhydrintest ergab keinen Anhalt auf einen Schweißdrüsenausfall.

W. P., 34 Jahre, Zimmermann, Motorradunfall.

Bei der Aufnahme wurde eine komplizierte Unterschenkelfraktur links und eine Humerus-Schaft-Fraktur links festgestellt. Die Dorsalflektion des linken Handgelenkes und Streckung der Finger waren unmöglich. Deshalb wurde eine traumatische Radialisläsion vermutet und nach der Oberarm-Nagelung sofort exploriert. Der Verdacht fand sich bestätigt; der N. radialis war in Höhe der Fraktur völlig durchtrennt. Es wurde die Versorgung der Nervenstümpfe und primäre Nervennaht in typischer Weise vorgenommen. Anschließend Ruhigstellung in Oberarm-Gips für 8 Wochen. Schon während dieser Zeit geringe passive - später aktive - Bewegungsübungen und elektrisierende Behandlung von insgesamt zweimonatiger Dauer. Nach Gipsabnahme wurde mit alleinigen aktiven Bewegungsübungen begonnen, die sich über 2 Jahre erstreckten. Während der übungsfreien Zeit (auch nachts) wurde eine Korrekturschiene getragen. Schon nach 10 Monaten konnte das linke Handgelenk erstmalig aktiv dorsalflektiert werden. Bei einer Nachuntersuchung nach 5 Jahren gab der Patient, jetzt Büroarbeiter, an, nicht mehr die früher innegehabte Kraft der linken Hand zu haben. Die Dorsalflektion des Handgelenkes und Streckung der Finger waren in vollem Umfange möglich, die Abduktionsbewegung im Handgelenk sowie die Bewegungen des Daumens seien seit dem Unfall etwas behindert. Die Bewegung war gegen Schwerkraft und leichten Widerstand (4) möglich. Die Sensibilität in dem vom Radialis versorgten Gebiet (radiale Daumenballenseite und auf dem Handrücken die dreiecksförmige Hautpartie vom Schiffsbein aus zu den Grundgelenken der Finger I bis III ziehend) war für feine Berührung völlig wiederhergestellt. Lediglich Schmerzreize wurden mehr als Druckreize empfunden. In dem betr. Hautgebiet wurde eine Kälteempfindlichkeit angegeben, auch verletzte er sich dort des öfteren unbeabsichtigt. Der durchgeführte Ninydrintest war an den Fingerspitzen selbstverständlich normal; aber auch am Daumenballen deutete nichts auf eine Unterbrechung der vegetativen Fasern hin.

b. Sekundärnähte

A. F., 21 Jahre, Ranzierer. Patient stieß mit der rechten Elle durch eine Scheibe.

Bei der Aufnahme gab er an, den rechten Arm aktiv nicht mehr heben zu können und in den Fingern IV und V kein Gefühl zu haben. An einem auswärtigen Krankenhaus wurde die primäre Wundversorgung vorgenommen. Es folgte eine mehrwöchige erfolglose Massage und elektrische Behandlung. 3 1/2 Monate nach der Verletzung konnte distal der Schnittwunde ein deutliches Knötchen in Ulnarisnähe getastet werden. Die sensiblen und motorischen Ausfälle deuteten auf eine typische Ulnarisschädigung. Jetzt wurde exploriert und ein derbes Neurom auf einer Länge von ca. 1,5 cm in typischer Weise resiziert. Es folgte die End-zu-End-Naht der gesunden Nervenstümpfe und Verlagerung des Ulnaris auf die Beugeseite, anschließend Fixierung in Beugestellung für 3 Wochen, danach zweimonatige leichte elektrische Behandlung und Bewegungsübungen. Schon eine Woche nach der Behandlung wurde seitens des Patienten ein Besserungsgefühl der Sensibilität angegeben.

Nach rund 4 Jahren gab der Patient an, weder feine noch grobe Berührung zu spüren. Grobe Schmerzreize spürte er zwar, konnte sie aber nicht örtlich differenzieren. Noch immer habe er ein pelziges Gefühl. Bei Kälte komme ihm hauptsächlich der rechte Kleinfinger "wie abgestorben" vor. Oft verletze er sich unbemerkt den Ring- oder Kleinfinger. Die Adduktion und Streckung, hauptsächlich des V. Fingers, waren offensichtlich unvollständig, während die Bewegung gegen Schwerkraft und Widerstand (4) möglich war. In seinem Berufe fühle er sich nur unwesentlich behindert. Der Ninhydrintest fiel normal aus.

U.H., 54 Jahre, Kfz.-Werkmeister. Glasschnittwunde rechte Hand. Bei der Aufnahme zeigte sich eine Schnittwunde vom distalen Drittel der ulnaren Unterarmseite zum Kleinfingerballen ziehend. Die primäre Wundversorgung wurde in einem auswärtigen Krankenhaus vorgenommen. Nach 3 Wochen bemerkte der Patient ein Nachlassen der Kraft des IV. und V. Fingers, die er auch nicht mehr aneinanderlegen konnte. Deshalb wurde die Exoloration am rechten Handgelenk in Verlaufsrichtung des Ulnaris vorgenommen. An der Ellenseite des Ulnaris

wurde ein Neurom sichtbar, während die radiale Seite des Nerves intakt erschien. Das Neurom wurde entfernt und die Stümpfe mit einer End-zu-End-Naht so vereinigt, daß der noch intakte radiale Anteil des Ulnaris einen Bogen beschrieb. Gipsschienenverband in Beugestellung für 3 Wochen.

Nach $3 \frac{1}{2}$ Jahren hatte der Patient - nach einer vorübergehenden Besserung - den Eindruck des Schlechterwerdens. Die Ab- und Adduktion des Ring- und Kleinfingers gelang nur sehr unvollständig; feine Berührung wurde nicht, Schmerzreize nur an der ulnaren Kleinfingerseite nicht verspürt. Die Atrophie dagegen sei weitgehend zurückgegangen. Die Bewegung ist gegen Schwerkraft und leichten Widerstand (4) möglich. Der Patient fühle sich in seinem Beruf behindert, da ihm "das nötige Gefühl, mit dem Schraubenschlüssel umzugehen, verloren gegangen sei". Der Ninhydrintest war normal.

W. P., 20 Jahre, Maurer. Patient schnitt sich beim Zerdrücken eines Bierglases in das rechte Handgelenk.

Die primäre Wundversorgung wurde auswärts vorgenommen. Danach sei ihm die rechte Hand "gelähmt" gewesen. Es zeigte sich eine typische Ulnarislähmung. 8 Monate nach der Verletzung wurde deshalb exploriert. Man stellte eine völlige Durchtrennung des Ulnaris oberhalb des Handgelenkes fest. Die Stümpfe waren neuromartig aufgetrieben, wurden aufgefrischt und mit 4 Einzelknopfnähten durch das Epineurium vernäht. Anschließend Gipsschiene in Beugestellung für 3 Wochen, die später schrittweise verändert wurde.

5 Jahre nach der Nervennaht war dem Patienten die Ab- und Adduktion noch unmöglich, die Finger III bis V befanden sich in Beugestellung. Er gab an, in diesen Fingern keine Kraft zu besitzen und mit ihnen keine feinen Gegenstände aufheben zu können. Außerdem sei die Sensibilität in allen (?) Fingern herabgesetzt und diese seien stark überempfindlich sowohl gegen Kälte als auch gegen Hitze. Die Bewegung des Ring- und Kleinfingers war gegen Schwerkraft möglich (3). Da der Patient mit der rechten Hand nichts mehr sicher anfassen könne, sei er in seinem Beruf behindert. Die in diesem Falle einzige objektive Beurteilungsmöglichkeit war der Ninhydrintest, der jedoch die völlige Regeneration der vegetativen Fasern bewies.

O.A., 19 Jahre, Dreher. Schnittverletzung linker Unterarm.

Die primäre Wundversorgung und Sehnennaht wurden in einem auswärtigen Krankenhaus vorgenommen. Nach 2 Monaten kommt der Patient mit einer Krallenstellung der Finger IV und V, Atrophie der Mm. interossei und des Hypothenars, Ab- und Adduktionsunvermögens des Ring- und Kleinfingers, also alles Zeichen einer typischen Ulnarislähmung. Die erneute Revision ergab eine traumatische Ulnarisläsion. Das distale Ende war mit dem proximalen schräg zusammengewachsen. Die NaCl-Diffusion ergab eine völlige Leitungsunterbrechung. Nach der Stumpfauffrischung erfolgte die Nervenennaht. Gipsschiene für 4 Wochen. Nach 2 Monaten gibt der Patient erstmals leichtes Besserungsgefühl an. Nachbehandlung: täglich Massage, elektrische Behandlung und Lichtbogen für 4 Monate.

1 1/2 Jahre nach der Nervenennaht erfolgte eine Nachuntersuchung. An der Kleinfingerkuppe zeigte sich eine kleine Brandblase als Zeichen des aufgehobenen Schutzgefühls. Feine Berührung wurde noch nicht wahrgenommen, Schmerzreize jedoch überall. Der Fingerschluß war noch nicht ganz vollkommen, die Atrophie der Muskeln dagegen völlig verschwunden. Der Patient, jetzt technischer Zeichner, ist an einer Heilung sehr interessiert, läßt sich deshalb noch jetzt elektrisch nachbehandeln und trägt nachts noch eine Korrekturschiene. Er glaubt, unter dieser Behandlung immer weitere Fortschritte beobachten zu können. Die Bewegung und Muskelkraft seien allerdings noch nicht ganz so wie früher (4), der Ninhydrintest dagegen zeigte schon völlige Intaktheit der Schweißdrüsenfunktion.

H. Sch., 49 Jahre, Bildhauer. Der Patient zog sich bei einem Sturz eine Kniegelenksluxation mit Bänderriß rechts zu. Nach der an einem auswärtigen Krankenhaus erfolgten Behandlung konnte der rechte Fuß nicht mehr gehoben werden. Der Fußrücken und die fibuläre Unterschenkelseite waren pelzig. Die elektrische Untersuchung ergab einen totalen Ausfall der Fibularisgruppe. 6 Monate nach der Verletzung wurde deshalb exploriert. Es ergab sich keine sichtbare Unterbrechung des N. fibularis communis. Lediglich oberhalb des Fibula-Köpfchens war der Nerv auf einer Länge von 5 bis 6 cm narbig-strangförmig verändert. Diese Stelle wurde resiziert und die sekundäre Nervenennaht ohne Spannung ausgeführt. Anschließend Fixierung in Gips in maximaler Beugstellung für 3 Wochen. Danach

Schienung und Elektrisierung der Fibularisgruppe; Besserung der Beweglichkeit nach Massage und Bewegungsübungen. Die elektrische Behandlung wurde 1/2 Jahr lang fortgesetzt.

3 1/2 Jahre nach der Verletzung trägt der Patient kein orthopädisches Schuhwerk mehr. Er spüre noch eine gewisse Pelzigkeit des Fußrückens über I und an der äußeren Malleolar-Seite. Die Dorsalflexion der Zehen und Drehung der Fußgelenke war eingeschränkt, aber durchaus ausführbar. Aktive Bewegung ist möglich (4). Der Patient fühlt sich in seinem Beruf und als Autofahrer nicht behindert.

c. Epineuralnaht nach nicht völliger Nervendurchtrennung
(Ein Fall)

M.G., 7 Jahre, Schülerin. Schnittverletzung linker Ellenbogen. Bei der Aufnahme wurde über leichte Parästhesien im Bereich des IV. und V. Fingers geklagt, die Bewegung war nicht beeinträchtigt. Die Wundrevision ergab eine Verletzung des Epineuriums des N. ulnaris im Wundbereich. Das Epineurium wurde bei der primären Wundversorgung mit Einzelknopfnähten vernäht. Anschließend Ruhigstellung für 3 Wochen.

Nach eigener Angabe seien die Parästhesien schon 1/2 Jahr nach der Naht verschwunden; nach einem weiteren Jahr war die Nervenfunktion in keiner Weise mehr eingeschränkt. Lediglich der Kleinfinger sei manchmal bei Witterungseinflüssen etwas "röter" als die anderen. Der Minhydrintest fiel normal aus.

d. Nicht durch Nervennaht versorgte Nervenverletzungen

F. R., 27 Jahre, Feinpolier. Maschinenverletzung linke Hand. Die Wundrevision ergab eine Knochenaussprengung des Metacarpale I, Durchtrennung des M.extensor pollicis longus und des N.digitalis volaris pollicis radialis, von dem ein 3 cm langes Stück fehlte. Die Daumenstreckseite wurde als "pelzig" angegeben. Die primäre Wundversorgung wurde ohne Nervennaht vorgenommen. Nach rund 2 Jahren konnte seitens des Patienten eine deutliche Besserung angegeben werden. Im Ausfallgebiet wurde lediglich keine feine Berührung wahrgenommen. Schmerzreize dagegen konnten überall lokalisiert werden. Die Streckseite des Daumens sei hingegen stark kälteempfindlich. Der Patient gab an, nicht mehr ganz so sicher greifen zu können, der Daumen ermüde auch leichter. Zudem würde er sich öfters unbemerkt verletzen. Die Bewegung war gegen Schwerkraft und Widerstand (4) möglich, der Ninhydrintest zeigte keine Ausfallerscheinungen.

R. B., 16 Jahre, Werkzeugmacherlehrling. Hackverletzung linker Daumen.

Die Revision ergab eine komplizierte Endgliedfraktur, Durchtrennung der Streck- und Beugesehne sowie des ulnaren Gefäßnervenbündels (N.digitalis volaris pollicis ulnaris). Da die Ernährung des Stumpfes nicht gesichert erschien, wurden bei der primären Wundversorgung lediglich Hautnähte vorgenommen; anschließend Ruhigstellung in Gips. Bei der Entlassung zeigte sich der Stumpf wider Erwarten gut ernährt.

2 1/2 Jahre nach der Verletzung gab der Patient eine weitgehende Wiederherstellung der Sensibilität an, allerdings "nicht wie früher". Feine Berührung wurde an der ganzen Daumenkuppe nicht wahrgenommen, grobe Berührung und Schmerzreize jedoch überall. Die Beugung des Daumens gelang nur unvollständig, die Motilität war mit (5) normal, ebenso der Ninhydrintest. Auch hier wurde eine Kälteüberempfindlichkeit angegeben.

H. G., 30 Jahre, Arbeiter. Kreissägenverletzung rechte Hand. Bei der Aufnahme zeigte sich eine traumatische Amputation der Finger I, II und V im Grundgelenk. Die Wundrevision des Mittelfingers ergab eine ausgedehnte Weichteilzertrümmerung, Strecksehnenverlust und Durchtrennung des radialen Gefäßnervenbündels (N. digitalis volaris digiti III. radialis). Die Amputationsstümpfe wurden primär versorgt, beim Mittelfinger wurden nur eine Osteosynthese und Hautnähte durchgeführt. Nach 2 Jahren zeigte sich der III. Finger gut versteift. Das Grundglied war völlig gefühllos. Feine Berührung konnte nur an der Fingerkuppe, grobe Berührung dagegen überall - außer am Grundglied - wahrgenommen werden. Eine starke Überempfindlichkeit gegen Kälte wurde auch in diesem Falle angegeben. Die Motilität des Mittelfingers war nur gegen Schwerkraft möglich (3). Der Ninydrintest zeigte normale Funktion der vegetativen Fasern.

H. B., 21 Jahre, Landmaschinen-Mechaniker. Zahnradverletzung rechte Hand.

Bei der Einlieferung des Patienten zeigte sich eine abnorme Stellung und Beweglichkeit des II. und III. Fingers rechts im Mittel- und Endglied. Im Bereich dieser beiden Finger war die Sensibilität auf der Dorsalseite ausgefallen (Läsion des N. digitalis manus dorsalis II et III aus dem R. superficialis des N. radialis). Es wurde lediglich die primäre Wundversorgung vorgenommen, wobei der Zeigefinger im Grundglied amputiert werden mußte. Anschließend Ruhigstellung in Gips für 4 Wochen. Danach durchgeführte Fingergymnastik und Massage (insgesamt elfmal) hatten wenig Erfolg. 2 Jahre nach der Verletzung klagte der Patient noch über "Blau-Erbung" des Zeigefingerstumpfes und des Mittelfinger-Endgliedes bei Kälte. Mit dem III. Finger war kein völliger Faustschluß möglich, die Streckung dagegen fast vollständig. Die Berührungsempfindlichkeit des III. Fingers war dorsal im Mittelglied, volar an der Kuppe und im Grundglied herabgesetzt. Schmerzreize wurden überall lokalisiert. Der Ninydrintest ergab normale Schweißsekretion. Der Patient gab an, daß ihm die früher gehabte Kraft der rechten Hand fehle. Die Bewegung des III. Fingers war gegen Schwerkraft und Widerstand (4) möglich.

3. Auswertung

In den Jahren 1956 bis 1961 wurden in der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen 35 Nervenverletzungen versorgt. Bei 27 Fällen handelte es sich um reine Nervendurchtrennungen. Von diesen konnten nur 18 nachuntersucht werden. 13 dieser nachuntersuchten Nervennähte waren Primär-, 5 Sekundärnähte. Von den Primärnähten entfielen 2 auf den Ulnaris, 11 auf den Medianus mit seinen Endaufzweigungen und eine auf den Radialis, während es sich bei den Sekundärnähten in 4 Fällen um eine Ulnaris- und in 1 Fall um eine Fibularis-Durchtrennung handelte. Die restlichen 8 Nervenverletzungen waren nicht genähte (7 Fälle) bzw. unvollständige Nervendurchtrennungen (Epineural-Verletzung, 1 Fall). Von den nicht genähten Nervenverletzungen konnten 4 nachuntersucht werden.

Zwischen der operativen Nervenversorgung und der Nachuntersuchung lag ein Zeitraum von wenigstens 1 1/4 Jahr, in den meisten Fällen ein solcher von 2 bis 3 Jahren.

Bei den P r i m ä r n ä h t e n (siehe Tabelle 8) zeigte der N. radialis den besten Erfolg, obwohl die Verletzungsstelle weit proximal lag. Die Motorik wurde mit (4) fast vollständig wiedererlangt, und zwar schon 10 Monate post operationem. Die Sensibilität kehrte völlig zurück; lediglich für Temperatur zeigte sich eine Über- und für Schmerz eine Unterempfindlichkeit. Zusätzlich wurde eine Aufhebung des Schutzgefühles in dem Ausfallgebiet ermittelt. Die Nachbehandlung erfolgte mittels Kranken-Gymnastik, Reizstrom und Korrekturschiene.

An zweiter Stelle folgt der N. medianus. Nach Versorgung seiner in Ellenbogennähe erfolgten Durchtrennung zeigte sich eine bessere Wiederherstellung der Sensibilität (lediglich eine Überempfindlichkeit von Temperatur und Schmerz!) als der Motilität [(3) bzw. (4)]. Nach Naht seiner Endaufzweigungen dagegen ließ sich keine bessere Wiederherstellung der Sensorik feststellen, handelte es sich ja auch ausschließlich um Durchtrennungen rein sensibler Fingernerven (trotzdem konnte die Motilität in zwei Fällen nur mit (1) ermittelt wer-

den!). Grobe Berührung kehrte dabei in allen Fällen wieder. In 3 von 9 Fällen wurde allerdings eine Überempfindlichkeit festgestellt. Feine Berührung wurde in 5 von 9 Fällen nicht, bei den übrigen teils über-, teils unterempfindlich wahrgenommen. Bei fast allen wurde eine Temperaturüberempfindlichkeit ermittelt, während Schmerzreize nur in einem Falle gar nicht, sonst meist überempfindlich und nur in 2 Fällen normal wahrgenommen wurden. Die Nachbehandlung bestand nach Ruhigstellung für mindestens 3 Wochen nur in 2 Fällen in anschließenden gymnastischen Übungen.

Den schlechtesten Erfolg einer Primärnaht zeigte der N. ulnaris (2 Fälle). Bei der einen Nervennaht wurde anschließend nur ruhiggestellt, während die andere zusätzlich mit Unterwassermassagen, Reizstrom, elektrisierender Behandlung und Cortison nachbehandelt wurde. Die Ergebnisse bei beiden unterscheiden sich dagegen nicht wesentlich. Jedesmal war eine Muskelatrophie erkennbar. Die Motilität war bei der nicht nachbehandelten Nervenraht mit (4), bei der anderen dagegen nur mit (1) zu ermitteln. Feine Berührung wurde in keinem der Fälle, grobe Berührung und Schmerzreiz dagegen überall wahrgenommen. Der Temperatursinn fand sich bei der nicht nachbehandelten Nervenraht als normal; bei der anderen wurde eine starke Überempfindlichkeit - hauptsächlich gegen Kälte - angegeben. In beiden Fällen fiel der Ninydrintest am V. Kleinfinger schwach aus.

Der Ninydrintest bei allen anderen Primärnähten war normal, ebenso die Trophik.

Bei den S e k u n d ä r - N ä h t e n (Tabelle 9) stehen nur Durchtrennungen des N. ulnaris (4 Fälle) und des N. peroneus (1 Fall) zur Verfügung. Alle Verletzungen wurden primär an einem auswärtigen Krankenhaus versorgt und erst später zur nötigen Nervenraht an die Chirurgische Universitätsklinik überwiesen. Bei allen sekundären Nervenrähten kehrte die Motilität fast völlig wieder (4), nur in einem Falle mit (3). Eine Atrophie ließ sich nirgends feststellen. Feine Berührung kehrte nur in einem Falle - allerdings auch nur sehr schwach - wieder, während die grobe Berührung nur in einem Falle nicht wahrgenommen wurde. Schmerzreize konnten nur bei einem Patienten als solche, bei dem Rest nur schwach (z.B. als Druck) wahr-

genommen werden. In 2 Fällen war das Schutzgefühl aufgehoben. Der Temperatursinn kehrte in einem Falle zur Norm zurück, während ansonsten teils eine Über-, teils eine Unterempfindlichkeit angegeben wurde. Die Nachbehandlung erfolgte in allen Fällen durch Ruhigstellung, in 2 Fällen zusätzlich durch Elektrisierung, Krankengymnastik usw. Letzterer Behandlung konnte aber objektiv kein Vorteil bezüglich des Heilungsergebnisses nachgewiesen werden.

Beim Peroneus, dem in der Fachliteratur äußerst schlechte Aussichten zugesprochen werden, war die Beweglichkeit gegen Schwerkraft und leichten Widerstand (4) möglich. Feine Berührung wurde in den vom Peroneus versorgten Hautgebieten nicht, grobe Berührung und Schmerz nur schwach empfunden. Die Nachbehandlung wurde hierbei nach der Ruhigstellung mit Elektrisierung, Massage und Gymnastik durchgeführt.

Der Ninhydrintest und die Trophik waren in allen Fällen normal.

Bei den nicht versorgten Nerven durchtrennungen (Tabelle 10) handelt es sich ausschließlich um Verletzungen der sensiblen Fingernerven, teils aus dem Medianus (3 Fälle), teils aus dem Radialis (1 Fall) stammend.

Auch hierbei zeigte sich eine weitgehende Regeneration, was mit dem schon in der Fachliteratur beschriebenen Einwachsen anderer sensibler Fasern erklärt werden könnte. Die Motilität konnte nur in einem Falle als völlig ungestört (5) ermittelt werden. Feine Berührung wurde später bei keinem Patienten, grobe Berührung und Schmerz nur je in 2 Fällen wahrgenommen. Bei einem Patienten zeigte sich eine Aufhebung des Schutzgefühles. Nur bei einem Falle wurde ein völliger Ausfall für Berührung und Schmerz ermittelt. Alle Patienten gaben eine Überempfindlichkeit hauptsächlich gegen Kälte an; alle wurden ausschließlich nach der primären Wundversorgung ruhiggestellt. Es erfolgte keine weitere Behandlung.

Die Verletzung des N. ulnaris zeigte schon 1/2 Jahr nach der Epineuralnaht eine völlige Wiederherstellung der Nervenfunktion.

Z u s a m m e n f a s s e n d

ergab sich, daß die Sensibilität nach einer Nervennaht meist nie ganz zur Norm zurückkehrte. Feine Berührung wurde nur in rund 12 % der Fälle wieder empfunden, grobe Berührungsreize dagegen bei 76 %. Bei rund 64 % der Patienten wurde eine Temperaturüberempfindlichkeit hauptsächlich gegen Kälte festgestellt. Schmerzreize konnten nur bei ca. 23 % der Fälle als solche angegeben werden; ansonsten bestand meist eine Über- oder Unterempfindlichkeit. Die Trophik war in allen Fällen normal. Die Funktion der vegetativen Fasern kehrte in 72 % der Fälle wieder zur Norm zurück.

Tabelle 8

Erklärungen der Abkürzungen (gelten auch für Tab. 9 und 10:

M = Motorik	E = elektrische Behandlung
A = Atrophie	G = Gips
n = normal	Co= Cortison
u = unterempfindlich	KG= Krankengymnastik
ü = überempfindlich	KS= Korrekturschiene
o = nicht durchgeführt	LB= Lichtbogen
W = Wochen	MA= Massage
	RS= Reizstrom
	UM= Unterwassermassage

Ergebnisse der Primärnächte (13 Fälle) der
Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen (1956-1961)

	M	S e n s i b i l i t ä t						poston. Behand- lung	Begleit- verletzg. Sehne, Arterie
		Berührung		Temp.	Tro- phik	Schmerz	Ninhydrin- test		
		fein	prob						
1.N.ulnaris (2 Fälle)							am V. schwach		
a)über Handgelenk (1 Fall)	(4) plus A	-	+	n	n	+		G, 4 W	+
b)unter Ellenge- lenk (1 Fall)	(1) plus A	-	+	ü	n	+	am V. schwach	G, 6W UM,RS, Co	+
2.N.medianus (10 Fälle)									
a)in Ellenbeuge (1 Fall)	(4) bzw.(3)	+	+	ü	n	ü	n	G, 4 W E,KG	+
b)N.digit.vol. poll.rad. (2 Fälle)	2 x(5)	2x-	2x+	2xü	2xn	2xü	2xn	G, 3 W KG	2x+
c)N.digit.vol. poll.rad.et ind. rad.(1 Fall)	(1)	ü	ü	n	n	ü	teilw. schwach	G,3 W	+
d)N.digit.vol.ind. rad.(1 Fall)	(5)	-	+	ü	n	+	schwach	G,3 W	-
e)N.digit.vol.ind. uln.(1 Fall)	(1)	-	+	ü	n	+	n	G,3 W Ma	+
f)N.digit.vol. digiti III.rad. (3 Fälle)	1x(4) 2x(5)	1xü 1x- 1xu	1xü 1x+ 1xü	2xü 1xn	3xn	2xü 1x-	3xn	G,6 W G,3 W G,4 W	3x+
g)N.digit.vol. digiti V.uln. et rad.(1 Fall)	(5)	-	+	ü	n	u	n	G,3 W	+
3. N.radialis (1 Fall) am Oberarm	(4)	+	+	ü	n	u	n	G,8 W KG,RS, KS	-

Tabelle 9

Ergebnisse der Sekundärnächte (5 Fälle)
der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen
(1956 - 1961)

	M	S e n s i b i l i t ä t						postop. Behand- lung	Begleit- verletzg. Sehne, Art.
		Berührung		Temp.	Tro- phik	Schmerz	Ninhydrin- test		
		fein	prob						
1.N.ulnaris (4 Fälle)									
a) in Ellennähe (1 Fall)	(4)	-	-	u	n	u	n	G, 3 W E, KG	-
b) dist. Unter- armdrittel (1 Fall)	(4)	-	+	u	n	+	n	G, 4 W Ma, E LB, KS	+
c) Handgelenk (2 Fälle)	1x(3) 1x(4)	1x- 1xu	2x+	1xü 1xn	2xn	2xu	2xn	G, 3 W	2x+
2.N.peroneus in Kniege- lenkshöhe (1 Fall)	(4)	-	u	n	n	u	o	G, 3 W Ma, KG	+

Tabelle 10

Ergebnisse der nicht genähten Nervendurchtrennungen (4 Fälle)
und Epineuralnaht (1 Fall) der Chirurrischen Universitäts-
klinik Erlangen (1956 - 1961)

	M	S e n s i b i l i t ä t						postop. Behand- lung	Begleit- verletzg. Sehne, Art.
		Berührung fein	gröb	Temp.	Tro- phik	Schmerz	Ninhydrin- test		
1. N.medianus (3 Fälle)									
a) N. digit. vol. poll. rad. (1 Fall)	(4)	-	+	ü	n	u	n	G, 3 W	+
b) N. digit. vol. poll. uln. (1 Fall)	(5)	-	-	ü	n	-	n	G	+
c) N. digit. vol. digiti III. rad. (1 Fall)	(3)	-	+	ü	n	+	n	G	+
2. N. radialis N. digit. manus dors. III aus R. superficial. (1 Fall)	(4)	-	u	ü	n	+	n	G, 4 W	+
3. N. ulnaris in Ellenbeure (Epineuralnaht)	(5)	+	+	n	n	+	n	Ruhig- stellg.	-

IV. Zusammenfassung

Mir war zur Aufgabe gestellt, anhand der Literatur und des Krankengutes der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen einen Überblick über die z.Zt. erfolgversprechenden Methoden zur operativen Wiedervereinigung durchtrennter Nerven bezüglich ihrer motorischen und sensorischen Funktionswiederherstellung zu geben.

Nach Darlegung einiger theoretischer Voraussetzungen habe ich die wichtigsten Theorien und Ergebnisse aus der Literatur zusammengestellt, die unter sich allerdings recht unterschiedlich ausfallen. Zusätzlich ist u.a. die Möglichkeit einer sofortigen Leitungswiederherstellung nach einer Nervennaht erörtert worden.

Anschließend habe ich einen Teil des Krankengutes der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen nachuntersucht und ausgewertet. Dazu wurden die Nervenverletzungen in Primärnähte, Sekundärnähte und nicht durch Naht versorgte eingeteilt und getrennt dargebracht. Bei der Nachuntersuchung ist u.a. auch der Ninydrintest angewandt worden.

Für eine erfolgversprechende Nervennaht müßten im großen und ganzen wohl folgende Voraussetzungen gegeben sein:

Die Nervenversorgung sollte möglichst bald unter aseptischen Bedingungen erfolgen.

Die nach evtl. nötiger Stumpfauffrischung zu erfolgende Naht müßte spannungsfrei mit Einzelknopfnähten durch das Epineurium mit feinstem atraumatischen Material nach Absetzen der Blutleere und möglichst genauer Blutstillung gelegt werden.

Nach der Nervennaht sollte mindestens für 3 Wochen in Gips ruhiggestellt werden. Danach kann man mit vorsichtiger Mobilisierung beginnen.

Massage, elektrische und andere Nachbehandlung konnte nicht als schädlich erwiesen werden (über eine evtl. günstige Vorbehandlung liegen keine Beispiele vor).

Das Alter des Patienten dürfte wohl - im Gegensatz zum Ausmaß der Läsion - keine allzu große Rolle hinsichtlich des Funktionsergebnisses spielen.

Für distal gelegene Verletzungen kann anhand der Fälle der Chirur-

gischen Universitätsklinik nicht mit Sicherheit eine bessere Prognose gestellt werden.

Der Zeitpunkt einer Nervennaht müßte wohl weitgehend dem jeweiligen Fall angepaßt werden.

Diese Ergebnisse decken sich in groben Zügen mit einigen aus der Literatur.

Auch bei vergleichsweiser Betrachtung der Ergebnisse bei versorgten und nicht versorgten Nervenverletzungen darf man wohl sagen, daß sich eine Nervennaht in jedem Falle lohnt.

Herrn Professor Dr. G. Hegemann danke ich für die Überlassung der Arbeit und die Übernahme des Referates.

Herrn Dr. J. Geldmacher danke ich für die freundliche Unterstützung.

V. Schrifttum

Beltrán - de-Heredia-y-Onis, José M.:

Aspectos quirurgicos actuales sobre el problema de la regeneracion de los nervios perifericos.-
Rev.españ.Oto-Neuro-Oftalm.8, (1949)

Berntsen, Aage:

Erfolge sekundärer Nervennähte u.Neurolyse.-
Ugeskr.Laeg. 1942 (Dänisch)

Björkstén, G.af:

Suture of war injuries to peripheral nerves, Clinical studies of results. - Acta med. scand. (Helsingfors) Suppl.-Bd. 119 (1947)

Böhler, Jörg:

Nervennaht und homoioplastische Nerventransplantation mit Milliporeumscheidung. - Referat, gehalten am 28.4.62 bei der Tagung der Dtsch.Ges.f.Chir. in München.

Bourguignon, Georges:

Die Rolle der Elektrologie in der Diagnose und Behandlung der Nervenverletzungen, Erhaltenbleiben der Erregbarkeit der Nerven in 5 Fällen von Nervenähten, die weniger als in einer Stunde nach Verletzung ausgeführt wurden. - Soc. de Neurol., Paris (11.4.1940)

Cajal, R.:

Degeneration and regeneration of the nervous system.
Oxford Univ. Press, London 1928

Deery, Edwin M.:

Injuries to the peripheral nerves. - Surg. Clin. N.Amer.21 (1941)

Delank, HW. u. M. Nikolei u. D. Tönnis:

Zur Behandlung peripherer Nervenverletzungen.-
Med. Welt 1960, 1249

Dumas, René:

Blessures des nerfs. Resultats é loignés du traitement chirurgical et indications opératoires. - Presse méd. 1940,I

Ehalt, W.:

Behandlungsergebnisse von Verletzungen peripherer Nerven.
Ber. v. 8. internat. Kongr. f. Unfallmed. u. Berufskrankh.
Frankfurt a.M., 26. - 30.IX.1938, Georg-Thieme-Verlag
Leipzig 1939

Falcone, R.:

A proposito della sutura tardiva dei nervi. (Ber.v.8.internat. Kongr. f. Unfallmed. u. Berufskrankh. 2,1939)- Zbl. f. Chir. u.Gr. 95 (1940)

Fichera, G.:

Rigenarazione di fibre nervose e vitamina B₁ -
Boll. Soc.med.-chir. Catania 7 (1939)

Fiedler H.:

Über Ergebnisse der Behandlung von peripheren Nervenver-
letzungen - Zbl. f. Chir. u.Gr. 75 (1950)

Fontaine, René:

Les indications thérapeutiques dans les plaies des nerfs
récentes et anciennes. - Bull.med. 1940, 129 - 136

Geldmacher, Jürgen:

Der Ninydrintest. - Eine objektive Untersuchungsmethode
zum Nachweis von Sensibilitätsstörungen im Bereich von
Hand und Fingern nach peripheren Nervenverletzungen. -
Chir.prax.6, 1962, 317-320. E.u.H.Marseille Vlg.München

Goldner, J.Leonard u. James M. Kelley:

Radial nerve injuries. - South.Med.J.51 (1958)

Grantham, Everett G. and Claude Pollard jr.:

Peripheral nerve surgery. Results of 281 cases followed
six to 28 months.-Ann.Surg.134 (1951)

Graupner, Werner:

Über die Verwendung des Cellophans bei der Nerven-naht -
Zbl.f.Chir. u. Gr. 100 (1940)

Guinsbourg, P.L.:

Verletzungen der peripheren Nerven der oberen Extremität.
(Russ.) Orthop.i.Travmat. Nr. 3, 1938

Gund A.:

Bericht über 146 Eingriffe an kriegsverletzten peripheren
Nerven. - Praxis (Bern) 1949, 774-782

Hanke, Hans:

Anzeigestellung und Erfolge der chirurg. Behandlung von
Verletzungen peripherer Nerven. - Münch.med.Wschr.1938,I
328

Hawkins, George L.:

Faulty sensory localization in nerve regeneration. An index
of functional recovery following suture. J.of Neuro surg.5
(1948)

Jäger, F.:

Die Chirurgie der peripheren Nerven. - Münch.med.Wschr.
1941 I, 256

Kingma, M.J. and D. Zuithoff:

War-injuries of peripheral nerves
-Fol.psychiatr.né erl. 55 (1952)

Koschitz-Kosic, Hermann:

Chirurgie u.Regeneration durchtrennter peripherer Nerven.

Tierexperimentelle Untersuchung. - Bln., Vlg.Volk u. Gesundh. 1960

Kosic, H.:

über die Schiff'sche Per-primam-Heilung durchtrennter peripherer Nerven. - 77. Tagg. Dtsch.Ges.f.Chir., Münch.20.-23.IV.60

Kraus, Herbert:

Behandlung und Nachbehandlung von Verletzungen peripherer Nerven.- Ther.Gegenw.82 (1941)

Larsen, Robert D. and Joseph L. Posch:

Nerve injuries in the upper extremity - A.M.A. Arch.Surg.77 (1958)

Leriche, René:

Des causes d'echec des sutures nerveuses; Moyens d'y pallier.- Presse med. 1940 I, 345

Lullies, H.

"Animalische Physiologie II" Tropon-Schriftreihe, Kiel 1959

Matson, Donald D. and Eben Alexander, Paul Weiss:

Experiments on the bridging of gaps in several peripheral nerves of monkeys. - J. of Neurosurg, 5 (1948)

May, Hans:

Chirurgie der offenen Sehnen- und Nervenverletzungen der Hand, einschließlich Anwendung der freien Sehnentransplantationen.- Dtsch.Zschr.Chir.277 (1954)

Nigst, Henry:

Die Chirurgie der peripheren Nerven.-Thieme-Vlg. Stuttgart 1955

Nigst, Henry:

Die chirurg. Behandlung von Lähmungen nach Verletzungen peripherer Nerven. - (Vortrag im Rahmen des 3. Tageskurses "Neurologie des prakt. Arztes") Bern 19.11.59

Oberna, F. und P. Möritz:

Erfolgreicher Ersatz eines Verletzungsdefektes des Nervus rad. durch Nerventransplantation. - Mschr. Unfallheilk.64 (1961)

Ostroverchow, G.E.:

Spätergebnisse der Operationen an den peripheren Nerven.- Vvpr. Nejrochir. 15, H 2 (1951)

Pecinka, H.:

Plexusverletzungen. - Klin.Med. (Wien) 16 (1961)

Recht, P.:

Frische Nervenverletzungen an der Hand. - Langenbecks Arch. u.Dtsch. Zbl.f.Chir.287 (1957)

Rein/Schneider:

Einführung in die Physiologie des Menschen.
Springer-Verlag 1955

Riechert, Traugott:

Grundlagen der neurochirurg. Behandlung der Nervenverletzungen. -
Nervenarzt 15 (1942)

Sakellarides, Harilaos:

A follow-up study of 172 peripheral nerve injuries in the
upper extremity in civilians. - J. Bone Jt Surg. 44-A (1962)

Schaaf, F.:

Tubulisation von Nervennähten.
Langenbeck-Archiv, Klin.Chir. 301, 905-909 (1962)

Schönbauer, L.:

Behandlung u.Nachbehandlung von Nervenverletzungen.
Wien.Klin.Wschr. 1943 I

Seddon, H.J.:

Three types of nerve injuries. Brain, Vol.66 (1943)

Seddon, H.J.:

War injuries of peripheral nerves. - Brit.J.Surg.Suppl.-
Bd. 2 (1949)

Seddon, H.J.:

Peripheral Nerve injuries. - Medical Research Council,
Spezial Report Series N.282, London 1954

Šejner, Z.F.:

Spätergebnisse der chirurg. Therapie bei Schußverletzungen
der peripheren Nerven in späteren Perioden. -
Vopr.Nejrochir. 18, H 5 (1954) (Russ.)

Shaffer, James M. and Frank Cleveland:

Delayed suture of sensory nerves of the hand. - Ann.Surg.131
(1950)

Stieve, Robert:

Transplantationen an peripheren Nerven (1. Sitzungsber. d. 71.
Tagung der Dtsch.Ges.f.Chir. v.21.-24.4.54) Langenbecks Arch.
279 (1954)

Stromberg jr.W.B., Robert M.Mac Farlane, John L.Bell, Summer L.
Koch, Michael L. Mason:

Injury of the median and ulnar nerves.
J.Bone Jt Surg. 43-A (1961)

Sunderland, Sydney:

Rate of regeneration of motor fibers in the ulnar and
sciatic nerves, Rate of regen. of sensory nerve fibers.-
Arch. of Neurol. 58 (1947)

Sunderland, Sydney:

Observations on the course of recovery and late end results
in a series of cases of peripheral nerve suture.-
Austral. a.N. Zeald.J.Surg. 18 (1949)

Tönnis, W. u. W. Götze:

Zur operativen Behandlung der Schußverletzungen der periphe-
ren Nerven u. ihre Erfolgsaussichten. -
Dtsch.Mil.-Arzt 7 (1942)

Voss, H.:

Grundriß der norm. Histologie u. mikroskop. Anatomie.-
Thieme-Vlg. Leipzig 1959

Woodhall, Barmes:

Modern history of peripheral nerve surgery.World War II
and the postwar study of peripheral nerve regeneration. -
J. Amer.med.Assoc. 139 (1949)

Zeumer, G.:

Zur Versorgung multipler Sehnen- und Nervenverletzungen
an der Hand. -
Zentralbl. f. Chir. 86, 4 (1961)

Lebenslauf

Am 28. November 1939 wurde ich in Bernburg/Saale als Sohn des Berufsoffiziers Otto Mockwitz und seiner Ehefrau Charlotte geb. Teske geboren.

Ab 1946 besuchte ich in Halle/Saale die Grundschule und seit 1954 die Friedrich-Engels-Oberschule, an der ich mein Abitur im Jahre 1958 bestand.

Seit der Übersiedlung in die Bundesrepublik noch im selben Jahr ist Fürth (Bayern) meine neue Heimat.

In Erlangen legte ich zunächst die notwendige Ergänzungsprüfung zum Abitur ab und konnte im Sommersemester 1959 mit dem Medizinstudium beginnen. Ich verbrachte alle Studiensemester in Erlangen. Im Wintersemester 1959/60 bestand ich das Vorphysikum und im Sommersemester 1961 die vorärztliche Prüfung an der medizinischen Fakultät der Universität Erlangen.

Am 18. Februar 1965 schloß ich die Prüfungen für das medizinische Staatsexamen an der Universität Erlangen-Nürnberg ab.



Buchdruck und Fotodruck: Ludwig Müller, Erlangen, Fahrstraße 5